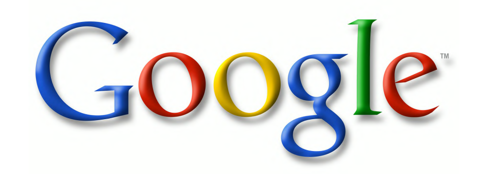



918


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1908

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1908

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1908

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1908

N° 1

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Barbet (E.). — *La Vinerie*, par E. Barbet (in-8°, 225 × 140 de 91 p. avec fig.). Paris, A. Davy, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45231

Ministère de l'Agriculture. Annales. Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles. Comité d'Études scientifiques. Fascicule 33 (in-8°, 280 × 180 de 243 p. avec 74 fig.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don du Ministère de l'Agriculture.) 45249

Astronomie et Météorologie.

Eiffel (G.). — *Atlas météorologique pour l'année 1906 d'après vingt-deux stations françaises*, par G. Eiffel (in-f°, 520 × 340). Paris, L. Maretheux, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45237

Chemins de Fer et Tramways.

Le Chatelier (J.). — *Le Métropolitain à marchandises*, par Jacques Le Chatelier (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways. N° d'octobre 1907) (in-4°, 320 × 225 de 13 p. avec 7 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45227

Chimie.

WURTZ (AD.), FRIEDEL (CH.) et CHABRIÉ (C.). — *Deuxième Supplément au Dictionnaire de Chimie pure et appliquée de Ad. Wurtz*, publié sous la direction de Ch. Friedel et C. Chabrié. *Tome sixième I-PLU* (in-8°, 255 × 165 de 1024 p. à 2 col. avec fig.). Paris, Hachette et Cie, 1907. 45226

Construction des Machines.

La Réglementation nouvelle des appareils à vapeur. Économie du décret du 9 octobre 1907. Texte in extenso de ce décret. Table donnant la température (en degrés centigrades) de l'eau correspondant à une pression donnée (en kilogrammes effectifs) (in-8°, 235 × 155 de 15 p.). Paris, Société d'Éditions techniques. (Don de l'éditeur.) 45229

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique de la ville de Paris. XXVIe année 1905 et principaux renseignements pour 1906 (République Française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales. Service de la statistique municipale) avec Annexe à l'Annuaire statistique de la ville de Paris pour 1905 (in-8°, 255 × 170, de XXXII-643 p. et de 84 p.). Paris, Masson et Cie, Imprimerie municipale, 1907. 45213 et 45214

LECOUTURIER (ÉM.). — *Manuel-Formulaire des Sociétés par actions*, par Émile Lecouturier (in-8°, 180 × 110 de x-408 p. avec annexes). Paris, Larose et Tenin, 1908. (Don des éditeurs.) 45246

RAZOUS (Mme J.-P.). — *Le Devoir social des Patrons et les Obligations morales des Ouvriers et Employés*, par Mme J.-P. Razous (in-16, 190 × 120 de 224 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1908. (Don de l'éditeur). 45228

Resultats statistiques du Recensement général de la Population effectué le 24 mars 1901. Tome V. Enquêtes annexes. Familles aveugles et sourds-muets. Habitations, Forces motrices (République Française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. Service du Recensement) (in-4°, 270 × 220 de 176 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. (Don du Ministère du Travail). 45243

Salaires et durée du travail, coût de la vie, pour certaines catégories d'ouvriers en 1906 (République Française, Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale, Direction du Travail, Statistique générale de la France) (Extrait de l'Annuaire statistique pour 1906) (in-8, 260 × 175 de 64 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1907. (Don du Ministère du Travail.) 45236

Électricité.

MAGUNNA (H.). — *Note sur un appareil télégraphique Multiplex de la Société des Telégraphes Multiplex*, par H. Magunna (in-8°, 215 × 135 de 6 p. avec 5 fig.). Paris, L. Braun, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.). 45239

MAGUNNA (H.). — *Télégraphie Multiplex E. Marcadier*, par H. Magunna et C. Porchon (in-8°, 215 × 135 de 20 p. avec 6 fig.). Paris, L. Braun, 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.). 45240

Enseignement.

VUIBERT (H.). — *Annuaire de la Jeunesse pour 1907. Éducation et Enseignement*, par H. Vuibert (in-18, 180 × 110 de 1127 p.). Paris, Vuibert et Nony. (Don des éditeurs.) 45242

Géologie et Sciences naturelles diverses.

FLEURY (Dr ÉM.). — *Précis d'Hydrologie (Eaux potables et eaux minérales)*, par le Dr Émile Fleury. *Première partie. Hydrologie générale et Eaux potables* (in-18, 190 × 130 de xv-212 p.). Paris, H. Desforges, 1906. (Don de l'éditeur.) 45232

Législation.

Bulletin de l'Association Française pour la Protection de la Propriété industrielle. N° 1, 2e série 1906-1907. Travaux de l'Association (in-8°, 240 × 155 de 191 p.). Paris, au Siège de l'Association Française, 1907. 45244

Métallurgie et Mines.

MERLE (Dr A.). — *Les richesses minérales de Madagascar*, par le Dr Antoine Merle (Extrait de l'Ingénieur-Constructeur de Travaux publics. N° 20. 1er trimestre 1907) (in-8°, 250 × 165 de 54 p. avec 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45216

North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Subject-Matter Index of Mining, Mechanical and Metallurgical Engineers for the year 1902 (in-8°, 245 × 155 de xxxiii-180-xl p.). Newcastle-upon-Tyne, Published by the Institute, 1907. 45254

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1906 (Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division des Mines) (in-4°, 310 × 225 de xii-270 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. (Don du Ministère des Travaux publics.) 45251

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

ARMENGAUD (J.). — *Le Problème de l'Aviation et sa solution par l'aéroplane*, par M. J. Armengaud (Extrait du Bulletin de juillet 1907 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270 × 220 de 21 p.). Paris, Philippe Renouard, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45245

CORDEMOY (DE). — *Ports maritimes*, par de Cordemoy. *Tome deuxième* (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 120 de VIII-571 p. avec 687 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45230

Périodiques divers.

Annuaire de la Librairie Française. Quatorzième année, 1907 (in-8°, 220 × 125 de VIII-460 p.). Paris, H. Le Soudier. 45223

Annuaire des Journaux, Revues et Publications périodiques parus jusqu'en novembre 1907, suivi d'une Table systématique, par Henri Le Soudier, 28e *année* (in-8°, 225 × 140 de 430 p.). Paris, H. Le Soudier. 45224

Paris-Hachette. Annuaire complet, commercial, administratif et mondain. 12e année 1908 (in-16, 200 × 150 de 132-980-588-728-328-XXVIII p.). Paris, Hachette et Cie. 45218

Physique.

LOVERDO (J. DE). — *Le froid artificiel*, par J. de Loverdo (Extrait de la Revue de Paris, N° du 1er janvier 1908) (in-8°, 235 × 155 de 28 p.). Paris, 85 bis, Faubourg Saint-Honoré. (Don de l'auteur.) 45252

MARCHIS (L.), LÉVY (M.). — *Production et utilisation des gaz pauvres*, par L. Marchis. Préface de M. Maurice Lévy (in-4°, 315 × 225 de VII-320 p. avec 235 fig. et 30 tabl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45248

Sciences mathématiques.

Bulletin du Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers. N° 10. Sur la constitution intime des calcaires, par E. Leduc (in-8°, 255 × 165 de 78 p. avec 4 pl. et 38 tabl.). *N° 11. Essais sur le plâtre*, par E. Leduc (in-8°, 255 × 165 de 25 p.). *N° 12. Examen critique de quelques méthodes de mesure de la puissance utile des voitures automobiles*, par J. Auclair (in-8°, 255 × 165 de 25 p. avec 9 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1907. (Don de M. le Directeur du Laboratoire.) 45233 à 45235

CABANYES (I.). — *Polisección gráfica del ángulo*, por el Coronel de Artilleria Don Isidoro Cabanyes (in-8°, 235 × 175 de 13 p. avec 2 fig.). Madrid, Fortanet 1907. (Don de l'auteur.) 45241

Sciences morales. — Divers.

Charles Combes (17 novembre 1854-23 juillet 1907) (Extrait du Moniteur scientifique, Septembre 1907, tome XXI, p. 584) (in-8°, 275 × 185 de 3 p.). Saint-Amand (Cher), Bussière. (Don de Mme Combes, mère.) 45220

Discours prononcés aux funérailles d'Alphonse-Pierre-Charles Combes, né à Saint-Hippolyte-du-Fort, Gard, le 17 novembre 1854, décédé à Ems, le 25 juillet 1907 (in-8°, 270 × 185 de 16 p. avec 1 héliogr.). Paris, Motteroz et Martinet, 7, rue Saint-Benoît, 1907. (Don de Mme Combes, mère.) 45221

Technologie générale.

Almanach Hachette. Petite Encyclopédie populaire de la vie pratique. Édition simple pour 1908 (in-16, 195 × 120 de 432-LXXXIV p. avec illustrations). Paris, Hachette et Cie. 45222

Comité des Travaux historiques et scientifiques. Liste des Membres titulaires honoraires et non résidants du Comité, des Membres des Commissions qui s'y rattachent et de la Commission des documents économiques de la Révolution Française, des Correspondants honoraires et des Correspondants du Ministère de l'Instruction publique et des Sociétés savantes de Paris et des Départements (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts) (in-8°, 250 × 165 de 155 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. 45219

DEINHARDT (K.), SCHLOMANN (A.) et KINZBRUNNER (C.). — *Dictionnaire technique illustré en six langues : Français, Italien, Espagnol, Allemand, Anglais, Russe*, Rédigé d'après la méthode spéciale de K. Deinhardt et A. Schlomann. *Second volume. Électrotechnie*, compulsé par C. Kinzbrunner (in-16, 175 × 100 de XII-2100 p. avec près de 4000 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45247

GUARINI (ÉM.). — *Le Catalogue international des principales publications périodiques du Monde. 4063 Revues et Journaux classés par continent, pays et spécialité*, par le Prof. Émile Guarini (in-8°, 245 × 155 de 76 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. 45225

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXXV. N° III, 1907 (in-8°, 220 × 140 de XVII-620 p. avec XXXIX pl.). London, E. and F.-N. Spon, Limited, 1907. 45253

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume L. Fiftieth session 1906-1907 (in-8°, 220 × 135 de XXXII-516 p. avec XX pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1907. 45238

Travaux Publics.

Annuaire des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des travaux publics. 1908. Soixante-deuxième année (Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées. 62e année. N° 21. Novembre 1907) (in-8° 215 × 140 de 304 p.). Paris, Société anonyme des Publications périodiques de l'Imprimerie Paul Dupont. 45250

Voies et Moyens de communication et de transport.

Carte des Voies de communication de la Russie d'Europe 1907 (en Russe) (une feuille pliée ft 370 × 270). (Don de M. V.-E. de Timonoff, M. de la S.) 45217

Exposition décennale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, organisée par l'Automobile Club de France (Société d'Encouragement) du 12 novembre au 1er décembre 1907. *Catalogue officiel* (in-16, 190 × 125 de 448 p. avec 3 pl.). Paris, Hôtel de l'Automobile-Club de France, 1907. (Don de M. A. de Dax, M. de la S.) 45215

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de janvier 1908, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

E.-A.-F. FARNIER,	présenté par MM.	Chateau, Maurel, de Tédesco.
L.-G.-P. GODEFROY,	—	Coiseau, Centner, Chagnaud.
A. JOUVE,	—	Cornuault, Barbet, Vincey.
L.-L. LAURENT,	—	Lavé, Portevin, G. Reymond.
R.-H.-J. LEMOINE,	—	Dupuis, Leprince, Lemire.
L. MAUDUIT,	—	Couriot, Calmettes, Douau.
A. PALLEZ,	—	Masson, Ch. Bourdon, Marteau.
R. STENGER,	—	Rancelant, Casalonga, Corvol.
G. THOMAS,	—	J. Hersent, G. Hersent, Masson.
M. VINCENT,	—	Kientzy, Souter, Guétin.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

J. ANDRÉ,	présenté par MM.	Masson, Bergeron. A. André.
E. VIEHHAEUSER,	—	Couriot, Blaise, Durassier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 JANVIER 1908

I

PRÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, ANCIEN PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. HILLAIRET s'exprime ainsi :

« Notre Président, M. É. Cornuault, étant souffrant, et ne pouvant, à son grand regret, venir assister à cette séance, votre Bureau m'a fait l'honneur de me confier la présidence intérimaire pour procéder à l'installation des nouveaux Membres du Bureau et du Comité.

» M. Cornuault m'a chargé de vous donner lecture du compte rendu suivant de sa gestion » :

MES CHERS COLLÈGUES,

Avant de quitter le fauteuil de la Présidence, où vous m'avez fait le grand honneur de m'appeler, je dois, suivant la tradition, vous rendre compte de la marche de notre Société pendant l'Exercice écoulé et vous faire connaître les faits et les travaux qui l'ont plus particulièrement marqué.

La liste des Membres de la Société que nous avons perdus au cours de cette année, est longue; elle comprend soixante-huit noms. J'adresse un souvenir ému à nos regrettés Collègues dont je me fais un devoir de vous rappeler les noms :

MM. M. Berthelot, A. Laussedat et M. Ghercévanoff, Membres d'Honneur ;

E. Trélat, Ancien Président de la Société;

J.-A. Normand, P. Verrier, P.-E. Gigot, A. Gailleux, A.-F. Levavasseur, L. Litschfousse, L. Serpollet, A. Faiveley, C. Balme, Ch.-M-Lartigue, G. Reymond, H.-L. Montandon, F. Crestin, J.-C.-A. Doumerc, E.-H.-A. Hospitalier, A.-A. Bethouart, F. Auderut, F.-N. Renard, J. Baudouin, A. Dambricourt-Legrand, E. Guillemin, Eugène Lebon, N. Duval-Pihet, E. Henry, C. Joinard, P. Doyle, R. Armengaud, A. Deville, A.-A. Galtié, C. Keromnès, E. Kléber, Ch. Marindaz, G. Müller, L. Pelatan, G. Ponselle, H. Studer, G. Sautter, J.-E. Gauquelin, E. Albaret, A. Bonnet, P. Brocchi, A. Duroy de Bruignac, Ch. Dolfus-Galline, A. Duparchy, E. Faugère, L. Herpin, P. Liot, Ch. Mariez, A. Paul-Dubos, F. Poncin, A. Rouzet, A. Saglio, H. Theurkauff, A. Thomas, A. de Brochocki, J.-E. Epstein, R.-Henry-Couännier, E. Jouvet, F. Laigneau, L. Trudeau, E. West, L.-Ch. Charpentier, J. Laffargue, le Baron E. Prisse, Membres de la Société.

Au cours de nos séances, nous avons retracé la carrière de ces Collègues disparus et signalé les services rendus par eux. Il en est cependant dont je veux encore rappeler le souvenir.

Ce sont d'abord les Membres d'Honneur, Berthelot, Laussédat et Ghercévanoff dont les travaux ont fait faire à la science et à l'industrie de si considérables progrès.

Ce sont ensuite MM. Normand, Serpollet et Hospitalier, qui, chacun dans leur spécialité, ont laissé une œuvre personnelle durable.

Je vous rappelle encore le décès de M. G. Reymond, fils de notre regretté ancien Président, M. Francisque Reymond, mort victime du devoir dans les circonstances douloureusement tragiques que vous avez tous présentes à la mémoire.

Enfin, plus récemment, nous avons perdu M. Émile Trélat, le doyen de nos Anciens Présidents, et l'un des Membres fondateurs de la Société.

Le nombre des admissions nouvelles a été de 172, chiffre supérieur à la moyenne des dernières années. Pourtant, par suite de démissions et, surtout en raison des radiations qui ont dû être prononcées, l'effectif de notre Société a diminué de 17 Membres par rapport à l'Exercice précédent : 3694 au 30 novembre dernier, après 3711 au 30 novembre 1906.

Je demande à votre dévouement, mes chers Collègues, d'aider, par votre action personnelle, au recrutement plus actif encore de nouveaux adhérents.

La situation financière de notre Société est satisfaisante, comme le montrent les comptes que vous avez approuvés dans la séance du 20 décembre dernier.

Son avoir, qui était au 30 novembre 1906, de 920 293,59 f, est actuellement de 925 785,29 f, en augmentation de 5491,70 f. Mais il y a lieu d'observer qu'au cours de l'année dernière, en plus des amortissements ordinaires ou prévus, il a été amorti de nombreuses et importantes dépenses exceptionnelles s'élevant à la somme de 19 383,95 f. En réalité, l'exercice a présenté un excédent de 24 875,65 f.

Cette situation permet d'espérer, comme vous l'a dit notre Trésorier, dans son Rapport, que l'on pourra commencer, dès la fin de cette année

même, à rembourser un plus grand nombre d'obligations que par le passé, de façon à hâter l'amortissement de l'emprunt.

Je suis heureux d'adresser ici tous nos remerciements à notre Trésorier, M. de Chasseloup-Laubat, pour sa prudente gestion de nos finances.

J'ai également à remercier les généreux donateurs, qui nous ont remis diverses sommes, dont le total s'élève à 1 242 f. Ce sont : M. Jules Gaudry, qui nous a donné 1 000 f pour notre fonds de secours, et MM. P. Darcy, J. Royer, Grosdidier, Prugnaud, Ferreira Ramos et M[me] V[ve] Monchot, dont les dons représentent 242 f sans affectation spéciale.

A ce propos, m'associant à ce que vous disait, il y a un an, mon prédécesseur, permettez-moi de souhaiter que notre Société puisse disposer, un jour prochain, de ressources lui permettant de provoquer ou de faciliter des missions et des recherches qui pourraient rendre de grands services à la science et à l'industrie.

Je suis heureux d'avoir à rappeler que de nombreux Collègues ont été l'objet de distinctions diverses. La liste de ces décorations, prix, récompenses et nominations, dont la longueur est des plus flatteuses pour notre Société, est annexée au procès-verbal de cette séance (1). Je vous en donne le résumé :

2 Commandeurs de la Légion d'honneur;
2 Officiers de la Légion d'honneur ;
9 Chevaliers de la Légion d'honneur
32 Officiers de l'Instruction publique;
40 Officiers d'Académie;
5 Officiers du Mérite Agricole;
13 Chevaliers du Mérite Agricole;
24 Décorations étrangères.

La Société a décerné, en 1906 :

Le Prix Annuel à M. Paul Besson, pour son travail sur *le Quatrième état de la matière;*

Le Prix Michel Alcan, à M. Georges Claude, pour son travail sur *la Liquéfaction de l'air et ses applications à la fabrication de l'oxygène et de l'azote;*

Le Prix François Coignet à M. C. Birault, pour l'ensemble de ses travaux sur *la Question des tunnels et des métropolitains souterrains.*

Je renouvelle ici toutes nos félicitations aux lauréats de notre Société.

Notre Société a été représentée au Congrès Colonial Français à Paris (10-16 juin 1907), par M. J.-M. Bel; au Congrès des Pêches Maritimes, à Bordeaux (14-20 septembre 1907) par MM. P. Besson, A. Bochet et J. Pérard.

Dans une séance spéciale, notre Société a reçu, le 21 juin 1907, un groupe d'Ingénieurs de l'Association of Water Engineers de Londres.

(1) Voir page 25.

J'en arrive maintenant aux travaux de la Société et vous donne ci-dessous, par Sections, le tableau des communications qui ont été faites en séances et des mémoires qui nous ont été remis au cours de l'année.

Ire SECTION

Travaux publics et privés.

La ventilation des tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains, par M. C. Birault.

Glissement de terrain au viaduc du Gor, par M. A. Portier.

Le béton armé en Espagne, par M. J.-E. Ribera.

Accidents inopinés, par M. Paul Sée.

Étude de quelques procédés et méthodes de sauvetage et de renflouage des navires sous-marins, par M. Dibos.

Construction du phare de Sanganeb, par M. M. Charvaut.

IIe SECTION

Industrie des Transports.

Formule relative à une condition de stabilité des automobiles et spécialement des autobus, par M. G. Marié.

Note sur la suspension des véhicules industriels et les amortisseurs pneumatiques, par M. J. Patoureau.

Installations de sécurité à bord des tanksteamers, par M. M. Dibos.

Les wagons dynamométriques, par M. A. Rodrigue.

Interruption des chemins de fer en Algérie, pendant la deuxième quinzaine de février, par M. P. Besson.

Les autobus à Paris, par M. Taupiat de Saint-Symeux.

IIIe SECTION

Mécanique et ses applications.

Essai d'une théorie de la flexion des poutres droites en béton armé, par M. F. Chaudy.

Sur le calcul des pièces métalliques chargées de bout, dont les âmes sont à treillis, par M. F. Chaudy.

Les moteurs légers à explosions, avec refroidissement par circulation d'air. — Les aéromoteurs, par M. Ambroise Farcot.

Note sur les canalisations d'air sous pressions élevées, par M. G. Leroux.

L'équation générale de l'élasticité des constructions et ses applications, par M. Bertrand de Fontviolant.

Résultat de recherches sur la résistance de l'air. Lettre de M. C. Canovetti.

La roue d'automobile : sa résistance au roulement, son adhérence, son dérapage et ses propriétés directrices, par M. R. Arnoux.

Pivots des turbines à vapeur à axe vertical, par M. P. Postel-Vinay.

Moteur léger R. E. P., par M. Robert Esnault-Pelterie.

IVe SECTION

Mines et Métallurgie.

Fabrication de la tôle galvanisée, par M. L. Georgeot.

Compte rendu du Congrès des méthodes d'essais des matériaux de construction, Bruxelles 1906, par M. L. Guillet.

Représentation du fonctionnement théorique des gazogènes au coke, par M. R. Soreau.

Discussion sur l'électrosidérurgie, par MM. L. Guillet, Girod, Commandant Stassano, Saconney.

Métillures, alliages inattaquables aux acides à froid ou à chaud, par M. Ad. Jouve.

Ve SECTION

Physique et Chimie industrielles. — Divers.

Les atmosphères confinées, par M. Albert Lévy.

Des huiles à graisser, par M. Ch. Baron.

Le papier et sa fabrication à travers les âges, par M. A. Blanchet.

Dispersion artificielle du brouillard, par M. M. Dibos.

État actuel de l'industrie frigorifique, par M. Ch. Lambert.

Les salaires à primes, par M. Paul Lecler.

La manutention des matières épurantes dans les usines à gaz, par M. J. Payet.

L'alcool moteur à propos du prochain Congrès de l'alcool au Salon automobile, par M. E. Barbet.

Les gazogènes à gaz pauvre, par M. Letombe.

Les lampes portatives pour l'éclairage à incandescence, par M. L. Denayrouze.

L'assainissement de la Seine par les champs d'épandage et les lits bactériens artificiels, par M. P. Vincey.

Les mélanges explosifs d'éther et d'air. — Détermination des limites d'inflammabilité, par M. Meunier.

VIe SECTION

Industries électriques.

La télégraphie sans fil, par M. P. Janet.

Installations hydro-électriques de l'énergie électrique du littoral méditerranéen, par M. E. de Marchena.

Compte rendu de la visite des Membres de la Société aux Usines hydroelectriques du littoral méditerranéen, par M. E. Cornuault, Président de la Société. Allocution de M. Masson, Président de la IIIe Section et lettre de la Société internationale des Électriciens.

Plusieurs des communications ont donné lieu à d'importantes discussions. Je me suis appliqué à favoriser ces discussions sur les sujets à l'ordre du jour et sur les questions actuelles, et je souhaite bien vivement qu'elles se renouvellent le plus souvent possible, pour le plus grand profit de tous et pour l'intérêt de nos réunions.

Toutes nos séances ont été à peu près également bien remplies. Il en est une cependant qu'il convient de rappeler plus particulièrement, c'est celle du 7 juin, que M. le Président de la République nous a fait l'honneur de venir présider, accompagné de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, et dans laquelle nous avons écouté, avec l'intérêt dont vous vous souvenez, la communication si remarquable de M. P. Janet sur *la Télégraphie sans fil* et celle si documentée, de M. de Marchena, sur *les Installations électriques du littoral méditerranéen.*

A côté des mémoires, nos bulletins ont publié de nombreuses bibliographies des ouvrages offerts à notre bibliothèque et d'intéressantes chroniques de notre distingué et érudit Collègue, M. A. Mallet.

En dehors de ses séances, la Société a visité, le 30 novembre, le Salon de l'Automobile, où des conférences ont été faites par nos Collègues, MM. Arnoux, L. Périssé, A. Lumet et Montbarbon, et, en octobre dernier, du 7 au 13, elle a effectué sur le littoral méditerranéen, un voyage que vous avez tous encore présent à la mémoire, pour visiter les si importantes usines hydro-électriques de cette région et les installations de distribution d'énergie de la frontière italienne à Marseille.

Je renouvelle ici nos bien vifs remerciements aux Sociétés et à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce voyage et qui nous ont si chaleureusement reçus.

De tels voyages ne sont pas seulement intéressants et fructueux pour ceux qui y prennent part; ils sont aussi profitables au bon renom et au développement de la Société et il est à désirer qu'ils puissent être renouvelés souvent.

Par l'exposé rapide que je viens de vous faire, vous pouvez constater vous-mêmes, mes chers Collègues, que l'année 1907 a été bien remplie. Elle a vu le progrès de notre Société se continuer et s'étendre encore son influence.

Ces résultats heureux montrent bien que la nouvelle organisation de notre Comité, par sa répartition en sections se divisant le travail, continue à porter ses fruits; il convient aussi de les rapporter à la collaboration constante des Membres du Bureau et du Comité que le Président sortant ne saurait trop remercier du concours si précieux et si cordial qu'ils lui ont apporté.

Je remercie également le personnel de la Société et, plus spécialement, notre Secrétaire administratif, M. de Dax, qui apporte, dans son service, le plus intelligent dévouement.

Grâce à l'activité de vous tous, mes chers Collègues, à qui je reste profondément reconnaissant des témoignages de sympathie dont vous m'avez entouré, notre Société poursuit, d'une façon continue, son œuvre de progrès scientifique et industriel.

Cette œuvre ne manquera pas de se perfectionner sous l'impulsion de mon distingué successeur, M. Reumaux.

(Se tournant vers M. Reumaux, nouveau Président.)

Mon cher Président,

Je ne saurais remettre en de meilleures mains que les vôtres la direction de la Société.

Les suffrages unanimes qui vous ont accueilli montrent la grande estime qu'inspire l'Ingénieur éminent dont la carrière donne un si bel exemple.

A votre sortie de l'École supérieure des Mines de Paris, vous débutez aux Mines de Béthune, puis à Cauchy à la Tour; vos premiers travaux sont bien vite remarqués.

Peu d'années après, vous entrez à la Société des Mines de Lens que vous n'avez plus quittée et dont vous devenez d'abord Ingénieur principal, puis, plus tard, Directeur général.

Lors de votre entrée dans cette Société, l'extraction annuelle du charbon n'était que de 200 000 t. Vous avez développé cette production et vous l'avez portée à 3 400 000 t., valeur actuelle, en restant toujours à la tête du progrès, et adoptant tous les perfectionnements qui présentent un caractère industriel et pratique.

Vous ne vous êtes pas montré seulement un parfait administrateur; vous vous êtes aussi classé hors de pair comme Ingénieur.

Vos travaux, si justement appréciés, dont la liste serait trop longue à rappeler, montrent que vous n'avez négligé aucune des questions si multiples qui se rattachent à l'*Art des Mines*.

La sécurité des exploitations vous doit de nombreux appareils ingénieux, adoptés aujourd'hui dans la plupart des exploitations minières, et parmi lesquels je citerai les évite-molettes.

Je rappellerai aussi le sauvetage que vous avez pu effectuer d'une fosse inondée à Douvrin, grâce à la précision de vos plans et à l'ingéniosité des moyens mis en œuvre. En atteignant du premier coup, sans tâtonnements, la venue d'eau qui avait inondé les travaux, vous avez avez donné un exemple admirable de ce que peuvent la science et le travail de l'Ingénieur.

Vous avez eu aussi le souci constant du sort de la nombreuse armée de collaborateurs de tout rang placés sous vos ordres. Un des premiers, vous avez créé de nouveaux types d'habitations ouvrières satisfaisant aux meilleures conditions d'hygiène et d'agrément. Votre profonde connaissance du mineur, de ses besoins, de ses aptitudes, vous a fait désigner pour Arbitre en de nombreuses occasions, notamment lors des pourparlers qui aboutirent aux Conventions d'Arras.

Depuis un grand nombre d'années, vous êtes Président du District du Nord de la Société de l'Industrie minérale. Au Comité des Houillères de France, à la Commission du Grisou, vous êtes un des Membres les plus écoutés.

Notre Société vous a attribué en 1902, l'un des prix Henri Schneider pour vos mémoires sur le Matériel des Houillères (1888) et sur les ques-

tions se rapportant à la montée, à la descente et à la circulation des ouvriers mineurs.

Vous êtes donc des plus qualifiés pour remplir avec distinction les fonctions auxquelles vous avez été appelé par vos Collègues et c'est, en toute confiance, que je vous remets la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Vifs applaudissements.)*

M. HILLAIRET termine par l'allocution suivante :

« MES CHERS COLLÈGUES,

» Après cette lecture, permettez-moi de prendre la parole en mon nom pour remercier notre Président du dévouement qu'il a consacré à notre Société : discussions et communications intéressantes, séance consacrée à M. le Président de la République, voyage au littoral de la Méditerranée, tout a contribué à donner à notre Société, pendant le dernier exercice, la vie et l'éclat vers lesquels tendait l'activité de notre Président.

» Aussi je vous demande de bien vouloir adresser à M. Cornuault nos remerciements avec les témoignages les plus affectueux de notre sympathie. *(Approbation unanime.)*

» Remercions également les deux Présidents de Section sortant : MM. Groselier et Masson, dont j'ai pu apprécier l'année dernière la collaboration active et efficace, et les Membres sortant du Comité.

» Je souhaite la bienvenue aux nouveaux Membres du Comité, aux nouveaux Présidents de la 1re et de la 3e Sections : à M. Hersent, qui porte un nom vénéré parmi nous, à M. Compère, qui est un des familiers de la maison, et à M. Barbet, Vice-Président pour l'année 1908, qui représentera, avec la plus grande distinction, les chimistes industriels.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Il y a un peu plus d'un an, mes Collègues, les anciens Présidents, m'avaient chargé d'exprimer au Comité le vœu que la Présidence vous fût confiée pour l'année 1908 : j'ai eu l'honneur de constater l'unanimité des suffrages réunis sur votre nom.

» Une circonstance fortuite me ramène auprès de vous et me permet de saluer le plus éminent représentant de l'Industrie minière française, qui est aussi le représentant le plus autorisé des Ingénieurs du Nord de la France, au moment où la Présidence de notre Société lui est dévolue. » *(Applaudissements longs et repétés.)*

M. E. REUMAUX, nouveau Président, après avoir serré la main de M. HILLAIRET, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Je souhaite avec vous que notre cher Président soit promptement remis de l'indisposition qui le tient éloigné de nous ce soir; j'aurais été

heureux de le remercier de tant de témoignages d'amicale confraternité qu'il m'a donnés au cours de cette année et des aimables paroles dont vous avez bien voulu vous faire l'interprète et que M. Cornuault avait préparées à mon intention.

M. Cornuault s'est donné sans compter; préoccupé d'accroître sans cesse l'influence sociale et l'action scientifique de notre Association, il a intéressé à ses progrès M. le Président de la République et lui a exposé en termes élevés l'origine et le but de notre Société le jour où le premier magistrat de notre pays a bien voulu nous faire le grand honneur d'assister à la belle conférence donnée, le 7 juin, par deux de nos plus savants Collègues; peu de jours après, il ménageait, avec une courtoisie parfaite, une réception pleine d'intérêt à MM. les Ingénieurs Anglais; en octobre, il dirigeait en personne un magnifique voyage d'études au littoral méditerranéen, voyage dont l'intérêt scientifique et la bonne organisation ont fait l'admiration de ceux de nos Sociétaires qui ont eu la bonne fortune d'y prendre part et au cours duquel sa patiente et inlassable activité firent ouvrir à nos Collègues toutes les portes et préparer partout de cordiales réceptions.

Et enfin, si nos regards s'arrêtent aujourd'hui, au fond de cette salle, sur ce paysage où se retrouvent tracées et synthétisées de main de maître toutes les branches du génie civil, n'est-ce pas à notre Président, à sa discrète et généreuse intervention que nous en sommes redevables ?

Je suis heureux d'annoncer que le Comité a décidé de faire placer, sur l'œuvre de M. Vauthier, une inscription commémorative rappelant le nom de notre Président Cornuault et je vous demande, Messieurs, de vouloir bien ratifier cette décision par vos applaudissements. *(Applaudissements vifs et répétés.)*

Et maintenant, mon cher Président, laissez-moi joindre mes remerciements à ceux de M. Cornuault pour la bonne grâce charmante avec laquelle vous avez accepté de présider cette séance inaugurale. Je devais déjà à votre affection d'avoir été présenté aux suffrages de nos Collègues pour la vice-présidence; je lui dois de plus aujourd'hui d'aimables et trop élogieux souhaits de bienvenue; croyez que j'en suis bien touché et que je ressens vivement l'honneur d'être installé dans mes nouvelles fonctions par un ancien Président qui occupe une place éminente dans notre Société et y jouit d'une autorité incontestée. *(Vifs applaudissements.)*

Messieurs,

En prenant place à ce fauteuil, où tant d'esprits distingués, d'Ingénieurs éminents, se sont assis avant moi, je veux tout d'abord vous exprimer ma vive gratitude pour l'honneur que vous m'avez fait. Admis parmi vos Sociétaires depuis peu d'années, à peine initié à la belle ordonnance de vos études, à la vie animée et féconde de vos conférences, de vos Comités, dont l'activité embrasse tous les domaines de l'art de l'Ingénieur, j'ai reçu de vos bienveillants suffrages, — et c'est l'honneur de ma carrière — cette marque de haute estime que vous réservez d'ordi-

naire à ceux d'entre vous qui ont grandi dans vos rangs et dont les écrits ont illustré vos Annales. Je n'ai aucun de ces titres; éloigné de vos débats par les exigences du labeur quotidien, je n'ai apporté qu'une bien modeste pierre au monument de science et d'art qu'élève sans relâche le Génie civil français, et encore n'est-ce pas parmi vous que ma tâche s'est accomplie; mais le haut et libéral esprit qui anime votre Société ne distingue pas entre les artisans de l'œuvre commune des Ingénieurs. Il vous importe peu que le nouveau Collègue, à qui vous faites l'honneur de l'associer à vos travaux, ait fait ses premières armes dans une autre enceinte, qu'il soit parmi vous un ouvrier de la première ou de la dernière heure: il vous suffit que, du jour où vous lui avez ouvert vos rangs, vous puissiez compter sur son fidèle et vaillant concours pour mener le bon combat dans les luttes pacifiques de la science et de l'industrie, dont les étapes victorieuses porteront toujours plus haut le renom de la Société des Ingénieurs Civils de France.

A défaut d'une longue et utile collaboration, je vous apporte, mes chers Collègues, le dévouement le plus absolu. Pour m'aider à mener à bien la tâche que vous m'avez confiée, je sais que je ne ferai pas en vain appel aux conseils éclairés de nos anciens Présidents, dont l'amitié m'est précieuse et qui sont restés les meilleurs serviteurs et les guides les plus sûrs de notre Société; je sais aussi que je puis me reposer sur l'active collaboration des membres de votre Bureau, de vos comités et tout particulièrement sur celle de M. Barbet, l'Ingénieur de haute valeur que vos suffrages ont appelé à la Vice-Présidence et dont la jeunesse vigoureuse et le talent en pleine maturité seconderont vaillamment votre Président si ses forces, affaiblies par les ans, venaient à le trahir.

MESSIEURS,

C'est la seconde fois, en quelques années, que l'honneur de présider votre Société échoit à un représentant de l'industrie minière. Sans doute, vous avez voulu marquer ainsi de façon significative l'importance que vous attribuez à cette industrie; mais, permettez-moi de vous le dire, cela rend singulièrement plus difficile ma tâche aujourd'hui.

Vous vous souvenez avec quelle hauteur de vues, avec quelle science informée, avec quelle moisson de données statistiques, M. Couriot a parlé devant vous des conditions de l'industrie minière dans le monde. En relisant son discours, je ne pouvais m'empêcher de penser, non sans un peu d'émoi, au moissonneur qui ne laisse aucun grain derrière lui.

Après avoir résumé à grands traits l'état présent de l'exploitation houillère, mon éminent prédécesseur mettait en relief l'écart inquiétant qui s'accentue d'année en année entre la consommation et la production française; le déficit de notre production de houille, que doit venir combler l'importation des pays étrangers, était d'environ 10 200 000 t pour la période décennale 1886 à 1895; il s'est élevé à 12 millions de tonnes environ dans la période de 1896 à 1900 et atteint maintenant près de 18 millions de tonnes. La consommation en 1907 dépasse, en effet, 54 millions de tonnes, alors que la production se monte à peine à 36 300 000 t.

Une évolution non moins frappante est en train de se produire dans les courants commerciaux; elle mérite de retenir l'attention.

De même que la France, quoique à un bien moindre degré, la Belgique est aujourd'hui un pays franchement importateur.

L'Allemagne voit sa production absorbée par la demande de plus en plus grande de son industrie et la balance en faveur de ses exportations a tendance à diminuer.

Les États-Unis ont connu un développement industriel d'une ampleur sans égale dans l'histoire, et ce mouvement, que vient d'arrêter momentanément une grave crise monétaire, est loin d'être terminé; les besoins de leur consommation intérieure vont toujours en croissant et l'on ne prévoit guère que les essais d'exportation vers la Méditerranée, tentés il y a quelques années, aient chance d'aboutir d'ici longtemps à l'établissement d'un courant commercial important et suivi.

La Grande-Bretagne est redevenue le seul grand pays exportateur. Sa richesse houillère, si considérable d'après les résultats de la dernière enquête officielle, lui permet de subvenir aux demandes des autres pays sans que son industrie propre ait à craindre de manquer de combustible et il est à prévoir que ce privilège, source de tant de richesses, restera encore longtemps le sien.

Si donc l'on envisage la statistique des quinze ou vingt dernières années, on voit s'accentuer gravement le déficit de notre production et l'on constate en même temps que, l'Angleterre exceptée, la puissance d'exportation des pays qui nous fournissent le combustible, que la France ne peut produire, va toujours en diminuant : on se trouve revenu au point de départ, c'est-à-dire l'Angleterre, seule maitresse du marché général des houilles.

Notre dépendance vis-à-vis des houillères anglaises, pour le complément de nos besoins de combustible, s'accentuera-t-elle dans l'avenir? Nous laissera-t-elle au moins la sécurité de nos approvisionnements? Que pouvons-nous attendre des bassins houillers de l'Allemagne et de la Belgique? Enfin, nous est-il permis d'espérer que l'heureux équilibre, actuellement rompu, entre la production et la consommation de notre pays, se rétablira grâce à l'accroissement des extractions françaises obtenu soit par la mise en valeur de nouveaux gisements, soit par une productivité plus grande des houillères en exploitation? La réponse à ces questions intéresse tous les Ingénieurs préoccupés de leur prix de revient, et je suis certain d'aborder un cercle de réflexions qui vous sont familières si je parle devant vous de la situation de notre pays comme producteur et consommateur de houille, des rapports internationaux qui résultent de cette situation et du sens dans lequel on peut préjuger qu'ils varieront dans l'avenir.

Les Ingénieurs et géologues évaluent à plus de 100 milliards de tonnes les réserves de houille de la Grande-Bretagne, et à plus de 1 250000 ha la superficie de terrains houillers qui y est reconnue; d'heureuses recherches ont constaté que ses gisements se prolongent sous des assises plus récentes, au sud du Durham, à l'est du Midland et ont mis à découvert un bassin nouveau dans la région de Douvres. Ses richesses sont donc pratiquement inépuisables et nous n'avons

aucunement à redouter que cette source d'approvisionnement nous fasse défaut.

L'Allemagne a vu grandir avec une telle rapidité l'étendue reconnue et déjà concédée de ses gisements houillers qu'elle a dû, fait presque sans précédent dans le domaine économique, arrêter net, par une loi d'exception, les recherches entreprises de toutes parts pour investir l'extension de son domaine houiller. Les deux seuls bassins de la Ruhr et de la Silésie contiennent encore plus de réserves que celui de l'Angleterre; on les estime à 155 milliards de tonnes jusqu'à la profondeur de 1500 m.

La Hollande s'est reconnue dotée d'un riche gisement houiller dans le Limbourg. La Belgique s'est enrichie d'un bassin considérable, qui s'étend dans le Limbourg belge et la province d'Anvers.

Ces découvertes sont de date récente; l'influence qu'elles sont appelées à exercer sur le marché international mérite qu'on s'y arrête un instant.

Si on fait abstraction de l'Angleterre, les principaux bassins qui alimentent l'Europe occidentale se groupent en deux grandes formations houillères : l'une au nord de l'Ardenne, l'autre au sud. La première comprend une branche anciennement connue, s'étendant depuis Hamm en Westphalie, jusqu'à Fléchinello dans le Pas-de-Calais, et une branche récemment découverte au nord du massif silurien du Brabant. L'ensemble forme les bassins de la Ruhr, de la rive gauche du Rhin, de la Roer, d'Aix-la-Chapelle, les bassins belges, le bassin du Nord et celui du Pas-de-Calais.

La partie reconnue du bassin de la Rühr dont l'exploitation, jusqu'au milieu du siècle dernier, était restée limitée aux affleurements. s'étend maintenant, par l'effet d'extensions qui ont pris, en ces vingt dernières années, une ampleur considérable, jusqu'au delà de la Lippe, dont la rive droite a été couverte de sondages. La surface utile du bassin, estimée en 1899 à 85 000 ha, devenait en 1892 192 300 ha, et dépasse actuellement le chiffre formidable de 300 000 ha.

L'exploitation de la rive gauche du Rhin, bornée longtemps au seul charbonnage de Rheinpreussen, se développe dans la région avoisinant Xanten et Geldern jusqu'à la frontière hollandaise, sur environ 30 000 ha.

Dans le rentrant que la frontière prussienne dessine près d'Erkelenz, a été découvert un charbon dont les qualités se rapprochent de celles du fameux *Smokeless* du pays de Galles.

Au delà de la frontière hollandaise et jusqu'à la Meuse, on trouve une riche formation, reconnue vers 1900, à l'origine du dédoublement du grand bassin du Nord. Elle s'étend sur plus de 20 000 ha en Hollande et se continue au delà de la Meuse, dans le Limbourg belge, puis dans la Campine anversoise, où des sondages l'ont constatée sur près de 80 000 ha. Son étendue réelle est sans doute bien plus grande encore. Elle se présente, en général, sous la forme de vastes plateures qui, comme dans la Ruhr, s'enfoncent au Nord sous un manteau de plus en plus épais de terrains récents, souvent aquifères.

Suivons maintenant la branche Sud qui passe à Aix-la-Chapelle, et

se poursuit en Belgique par les bassins de Liége et du Hainaut, où ses produits alimentent l'industrie des vallées de la Meuse et de la Sambre. Aucune transformation importante n'est à y relever en ces dernières années. C'est le vieux bassin belge dans lequel tout le gisement a été d'ancienne date reconnu et exploité avec une telle activité que les travaux y atteignent, en certains points, des profondeurs de 1 000 à 1 200 m. Sa production ne peut plus guère s'élever, il n'y a pas de ressources nouvelles à attendre de ce côté.

Du rapide exposé qui précède, il résulte que, depuis quinze ans, l'étendue accessible du gisement houiller du nord de l'Ardenne a été augmentée respectivement de plus de 130 000 ha pour le bassin rhénan-westphalien, de 25 000 ha pour celui de la Wurm et la Roer, de 100 000 ha pour la formation du Limbourg et de la Campine, dont 80 000 pour la Belgique et 20 000 pour la Hollande.

Au sud de l'Ardenne, le bassin de la Sarre, exploité pour la plus grande partie par le fisc prussien, s'étend sur 110 000 ha environ. Jusqu'en ces dernières années, la Lorraine annexée ne renfermait que quelques exploitations au voisinage de l'ancienne frontière. Le progrès des fonçages de puits permet d'envisager la mise en valeur fructueuse de toute la partie concédée dans cette contrée, soit un peu plus de 22 000 ha; et des sondages exécutés en ces dernières années dans la direction de Metz, jusqu'à Fauquemont, ont reconnu une riche formation qui embrasse environ 25 000 ha. Ainsi, soit par le développement de l'art des mines, soit par des recherches heureuses, la superficie utile du bassin de Sarrebruck, en Prusse et Lorraine annexée, a été augmentée quasi de moitié.

Mais la question s'est posée de savoir si ces immenses réserves sont accessibles; il se trouve, en effet, que, dans presque tous les cas, les extensions reconnues en ces dernières années, sont recouvertes par des terrains aquifères de grande épaisseur, 300 m environ sur la rive gauche du Rhin, de 300 à 600 m dans la région de la Roer, 250 m dans le Limbourg hollandais, de 400 à 600 m dans le Limbourg belge, de 600 m et plus dans le Campine anversoise. On se demande donc si l'exploitation doit en être envisagée avec chance de succès. Peut-être eût-on hésité à répondre, il y a seulement vingt-cinq ans, alors qu'on considérait comme inaccessibles les bassins lorrains de l'Orne et de Briey qui renferment le gisement de minerai de fer le plus important du monde; mais depuis lors, les procédés de fonçage des puits ont subi une transformation radicale.

La traversée des terrains aquifères par fonçage à niveau vide, c'est-à-dire par épuisement et creusement simultanés, dont l'exécution délicate, souvent hasardeuse, réclamait toutes les ressources de l'art de l'Ingénieur, jointes à l'expérience du praticien, a fait place à des procédés nouveaux aussi économiques que simples et sûrs.

Il y a vingt ans, nous avons mis en œuvre et appliqué avec succès au fonçage des grands puits du Pas-de-Calais, où les terrains aquifères se tiennent jusqu'à environ 100 m du sol, le procédé par la congélation imaginé par le docteur Poetsch : une première application faite au puits n° 10, de la Société des Mines de Lens, a été suivie d'un très grand

nombre d'autres, principalement dans le nord de la France, la Belgique et la Ruhr. Par l'augmentation de la puissance de l'outillage, par les perfectionnements apportés aux procédés d'exécution, on est arrivé à en étendre considérablement le domaine d'action. Les puits de Bernissart, à la frontière franco-belge, ont été foncés par cette méthode jusqu'à 235 m de profondeur; et elle est actuellement en cours pour traverser des terrains aquifères sur 300 m de hauteur dans les charbonnages de la Société Solvay, près de Xanten, sur la rive gauche du Rhin. On ira plus loin.

Un autre procédé fort ingénieux. dont l'idée première appartient à M. Portier, sera souvent indiqué pour la traversée des terrains aquifères, non exclusivement argileux ni sableux; c'est le procédé de la cimentation des terrains dont les heureuses applications aux mines de Béthune, d'Anzin, de Lens, ont donné des résultats qui font bien augurer de son avenir. Fréquemment sans doute, en particulier dans la Campine belge, ces deux procédés — congélation et cimentation — se prêteront un mutuel concours et permettront de faire aboutir des traversées réputées jusqu'ici impraticables. L'Ingénieur dispose donc de méthodes nouvelles présentant des ressources inconnues de ses devanciers, méthodes qui permettront d'atteindre le gîte dans presque tous les cas et mettront à la disposition de nos voisins d'Allemagne, de Belgique et de Hollande, une surface concessible de 200 000 ha, dont leur puissante initiative ne tardera pas à tirer parti; la production de ces vastes bassins prendra place à échéance peu éloignée sur le marché européen et concourra, on n'en peut douter, avec les charbons anglais, à assurer son approvisionnement.

Nos industriels trouveront à puiser à cette source, mais notre état de dépendance vis-à-vis de l'étranger est-il donc définitif? Devons-nous renoncer à voir jamais le chiffre de notre production houillère rejoindre celui de notre consommation? Ne peut-on espérer découvrir en France de nouveaux gisements, ou tout au moins imprimer à notre production une puissante activité, et réduire enfin cet inquiétant déficit, cause d'une notable diminution de notre richesse nationale?

La recherche de bassins houillers nouveaux en France ou de l'extension des bassins exploités a, depuis longtemps, attiré l'attention des Ingénieurs et des Géologues, elle a fait l'objet de longues études et de coûteuses explorations qu'il convient de rappeler ici.

La découverte sensationnelle à Douvres en 1891, du terrain houiller et de plusieurs belles veines de charbon, détermina une importante campagne de recherches dans le nord de la France. 42 forages, dont certains ont été poussés jusqu'à la profondeur de 450 mètres, furent creusés depuis le cap Gris-Nez jusqu'au droit de Dunkerque. Dans une seule de ces recherches, le terrain houiller fut atteint. Encore dut-on reconnaître qu'il n'y avait là qu'une formation sans profondeur et sans étendue. Cette campagne si coûteuse aboutit pratiquement à un échec complet.

Au sud du bassin du Pas-de-Calais, M. Gosselet avait depuis longtemps signalé que le terrain houiller s'enfonce sous des terrains plus anciens qui le recouvrent en stratification anormale. Les sondages des

Compagnies de Drocourt, Liévin, Béthune, Bruay, Auchy-au-Bois avaient permis de supputer, d'après les idées régnantes, l'extension ainsi dissimulée sous le silurien et le dévonien ; l'Administration en avait accordé la concession jusqu'à la profondeur de 1 000 m environ.

Vers 1896, les persévérantes explorations de la Société de Liévin et l'intervention savante de M. Marcel Bertrand donnèrent jour à des vues nouvelles.

Se basant sur l'amplitude, aujourd'hui bien connue tant en Europe qu'en Amérique, des phénomènes de transport, amplitude qui atteint 10,20, et même plus de 50 km ; s'appuyant en outre sur certains déplacements horizontaux relevés dans les exploitations de Liége et de Charleroi, sur la similitude de structure des bassins houillers français et belges, dont les déformations tectoniques ont la même origine, M. Marcel Bertrand affirma l'existence, sous le recouvrement des terrains dévoniens et siluriens, d'une notable extension vers le sud, de la partie productive du bassin du Pas-de-Calais. M. l'Ingénieur Breton s'était déjà engagé, en avant-garde, dans la voie indiquée par M. Bertrand ; il fut suivi bientôt par les grands métallurgistes de l'Est, dont plusieurs sont nos Collègues.

Cette exploration fut particulièrement difficile et coûteuse, en raison de l'exceptionnelle dureté des terrains traversés. Presque tous les modes de sondages y ont été appliqués : l'ancien et solide outillage français à chute libre, créé par la maison Degousée et Laurent, perfectionné par notre ancien Président, M. Lippmann, mis en œuvre par d'habiles sondeurs du Nord ; le matériel Raky, caractérisé par la suppression de la chute libre, la suspension élastique du balancier, la marche à grande vitesse et l'application rationnelle et complète du procédé Fauvelle à courant d'eau ; enfin et surtout les divers modes du travail au diamant.

25 sondages furent exécutés, 11 atteignirent le terrain houiller à des profondeurs variant de 606 m à 1 415 m, et recoupèrent de 1 à 15 couches d'au moins 50 cm de traversée verticale, dont certaines assurément exploitables.

Ces recherches ont fourni au savant Géologue, M. Charles Barrois, les éléments d'une étude des plus importantes pour la fixation des traits géologiques de notre bassin du Nord, et ont permis à M. l'Ingénieur Cuvelette d'établir par une discussion documentée que près de 6 000 ha pourront être utilement concédés ; nous exprimons l'espoir qu'ils le seront à brève échéance, et que leur mise en valeur apportera un appoint à notre production nationale.

En Meurthe-et-Moselle, de hardis explorateurs ont, en ces dernières années, réalisé un effort considérable pour reconnaître la continuation en France du bassin de Sarrebrück. Les difficultés d'investigation étaient grandes, car les affleurements houillers les plus proches se trouvaient à 60 km de la région à explorer, et les sondages les plus voisins, en Lorraine annexée, étaient à 30 km environ de la frontière.

Dès 1896 (1) notre sympathique Président de le section des mines M. Bergeron, avait annoncé la continuité des bassins houillers sous les

(1) Bulletin de mai 1896, p. 727.

terrains secondaires en s'appuyant sur la continuité des plis hercyniens. Les nombreux géologues consultés, MM. Bergeron, M. Bertrand, Nicklés, Villain, van Werwecke, divers ingénieurs, entre autres M. F. Laur, indiquèrent comme particulièrement favorable la région d'Eply et de Nomény où furent commencés les premiers forages.

Géologiquement, les travaux entrepris et poursuivis avec une remarquable énergie, fournirent la confirmation éclatante des vues de ceux qui les avaient conseillés. Le terrain houiller fut en effet atteint à Eply, à la profondeur inespérée de 685 m. Cette recherche en suscita promptement un grand nombre d'autres ; dix-neuf sondages furent poussés entre 1 000 et 1 556 m; correspondant ensemble à une longueur totale forée de 23 000 m, ayant entrainé une dépense totale de plus de 4 millions de francs, ils permirent de reconnaitre une surface houillère s'étendant sur environ 20 000 ha et une épaisseur de terrain houiller de 3 000 à 3 500 m; malheureusement tout le terrain exploré parait assez pauvre en houille; 3 seulement des sondages ont donné des épaisseurs de charbon appréciable de 5 à 6 m au total, en couches de 0,41 à 2,65 m.

Passant aux autres régions de notre pays, je pourrais signaler encore bien des recherches entreprises, soit en vue de trouver le prolongement du bassin de Dinant, soit, dans le centre et le sud, pour augmenter la partie connue des bassins qui y sont exploités. Quelques-unes seulement ont été suivies d'un succès satisfaisant, entre autres celles qui ont amené la découverte des bassins d'Albi ou de la Bouble, et encore les sondages de Saint-Martin de Valgualgues et de Saint-Brès, sur la bordure Est du bassin du Gard.

Ces recherches, de même que celles de la Lorraine et du nord de la France, ont été précédées d'études géologiques remarquables et poursuivies avec une hardiesse et une persévérance qui méritent à leurs auteurs la reconnaissance du pays. Elles ont eu pour résultat la découverte de gisements houillers d'une certaine étendue dont l'existence était simplement soupçonnée; mais ici encore, de même que pour les bassins allemands et belges, la question se pose de savoir si ces gisements sont accessibles et pratiquement exploitables.

De l'examen de ceux qui s'étendent au sud du bassin du Pas-du-Calais, il ressort qu'ils sont, à n'en pas douter, accessibles; les moyens techniques dont dispose l'ingénieur suffisent amplement pour les atteindre. Sont-ils exploitables? La réponse est délicate, mais il y a lieu de penser que la mise en valeur de partie au moins du gite reconnu est pratiquement réalisable. Mon éminent prédécesseur, M. Couriot, exposait et discutait ici même en 1904, les données du problème et se basant sur les variations du degré géothermique suivant les régions, il opinait pour l'affirmative, au moins dans les régions favorisées par un pouvoir diathermane élevé des roches superposées au gite. Or par une étude très serrée, basée sur des déterminations nouvelles, M. l'Ingénieur Leprince-Ringuet, établit que les conditions de la région qui nous occupe sont particulièrement favorables ; le degré géothermique dans le silurien et le dévonien s'y élève à la valeur moyenne 36,60 m, et la température des roches dans le terrain houiller ne parait pas dépasser 35 degrés, à 1 364 m. On peut donc penser que l'obstacle définitif ne se

rencontrera pas dans la température élevée des chantiers souterrains ; il ne se trouvera assurément pas dans la grande puissance des moteurs et des engins, et l'on peut espérer à bon droit, d'après les constatations des sondages, qu'il ne se rencontrera pas davantage dans les dégagements instantanés de grisou qui ont donné lieu en Belgique à de douloureux accidents. Il apparaît donc qu'il n'y aura pas à redouter d'insurmontables difficultés techniques. En sera-t-il de même dans l'ordre économique ? Les charges inhérentes aux grandes profondeurs, frais d'aérage d'épuisement, d'extraction, d'entretien plus onéreux, réduction d'effet utile de la main-d'œuvre, élévation des dépenses de premier établissement qui atteindront de 40 à 50 f et même plus par tonne annuellement extraite — n'entraîneront-elles pas un prix de revient prohibitif ? — Cela dépendra évidemment de l'état du marché charbonnier, c'est-à-dire du prix de vente des houilles.

En Lorraine, le problème se présente autrement difficile : contrairement à ce qui a lieu dans le Pas-de-Calais, le degré géothermique des terrains de recouvrement est très faible et des températures fort élevées, supérieures à 50 degrés, ont été observées dans le houiller.

Les sondages ont fait reconnaître que les puits pourraient rencontrer, dans les grès bigarrés et vosgiens, à des profondeurs comprises entre 500 et 900 m, de considérables venues d'eau sous pression : ce sont des difficultés pour lesquelles l'art actuel des mines ne donne pas de solution bien certaine.

L'ensemble de ces conditions fait considérer (on l'a dit avec raison) la mise en valeur du nouveau gisement comme lointaine et aléatoire. J'ajoute que celle des nouveaux bassins du Gard, exposés aux dégagements instantanés d'acide carbonique, ne l'est guère moins.

Ainsi les persévérants efforts des chercheurs, les sommes considérables qu'ils ont consacrées à leurs travaux, n'ont abouti qu'à de minces résultats et, il faut bien le dire, ne modifieront guère la capacité de production des houillères françaises.

Dès lors, on en vient à se demander si notre déficit ne pourrait pas être comblé par une impulsion nouvelle donnée à nos mines. Ne peut-on pas y extraire beaucoup plus qu'aujourd'hui ? Ne peut-on pas créer des sièges nouveaux, augmenter sensiblement la production de ceux qui existent, accroître la puissance du matériel, atteindre enfin soit ces productions par bassin, soit ces extractions par siège dont on nous cite des exemples impressionnants dans les régions voisines, dans la Westphalie, par exemple.

Messieurs, l'activité du marché houiller vous est suffisamment connue pour que vous ne doutiez pas que nos Sociétés minières auraient le plus grand intérêt à augmenter leurs extractions. Et, comme il n'est pas de mobile plus agissant que l'intérêt, il est bien certain que si elles le pouvaient, elles le feraient.

On ne sait pas assez, ou du moins on n'y réfléchit pas suffisamment, que nos principaux bassins houillers font bien petite figure près de ceux des pays voisins.

La France produit environ 36 millions de tonnes de houille ; la Loire. qui intervient dans ce total pour 3 750 000 t. a mis en valeur toutes les

richesses de ses gisements; les groupes du Gard et de Saône-et-Loire comptent chacun pour 2 millions de tonnes, l'Aveyron et le Tarn, pour un peu moins de 1 800 000 t; la productivité de ces bassins, jusqu'ici restreinte par leur éloignement des centres de grande consommation et les tarifs élevés des chemins de fer, tend à se développer.

Le vieux bassin de Commentry est presque épuisé, et les centres houillers de l'Allier, du Puy-de-Dôme, de la Haute-Saône, des Bouches-du-Rhône et du Var ne trouvent guère dans leurs gîtes restreints ou tourmentés les ressources d'un sérieux développement. C'est donc dans le prolongement en France de la branche sud du bassin westphalien qui, dès aujourd'hui, fournit les deux tiers de la production française que réside l'avenir charbonnier de notre pays. Ce prolongement, qui constitue nos bassins du Nord, a donné lieu à un ensemble de concessions s'étendant sur environ 100 000 hectares. Bien près du quart de cette surface doit être déduite comme à peu près stérile ou inexploitable, et cependant ce bassin produit 24 millions de tonnes par an.

A superficie égale, cette production est très honorable si on la compare à celles d'autres pays. Pour m'en tenir à quelques exemples tirés d'un tableau que j'ai là sous les yeux, prenons les États-Unis. Ils produisent 370 millions de tonnes (1), mais disposent de gisements qui s'étendent sur 70 millions d'hectares. Rapportés à la surface mise en œuvre, la production dans nos bassins du Nord s'élève à 240 t par hectare, à 302 t si on ne considère que le Pas-de-Calais, tandis qu'aux États-Unis, elle ne dépasse pas 5,3 t.

La Grande-Bretagne extrait 250 millions de tonnes; ses Indes noires s'étendent sur environ 1 250 000 hectares; l'activité d'extraction, à surface égale, y est donc moindre que chez nous.

Autre exemple encore, le bassin de la Ruhr produisant 75 millions de tonnes et s'étendant sur 300 000 hectares; le rapport des deux chiffres est à peu près le même que dans nos bassins du Nord réunis, moindre que dans le Pas-de-Calais.

Dans l'ordre historique, je pourrais aussi vous montrer que le développement de la production de notre pays peut subir la comparaison avec les autres pays producteurs, sans désavantage pour la science de nos Ingénieurs ni pour l'excellence de la loi fondamentale qui régit notre propriété minière.

Messieurs, je m'excuse de toujours prendre mes exemples dans nos bassins du Nord. Non que je méconnaisse le très grand mérite de ceux de nos confrères qui, dans des conditions souvent moins avantageuses, exploitent nos bassins du Centre et du Sud, et le font si bien que leurs mines sont à juste titre citées comme des modèles d'aménagement des travaux souterrains. Mais ma carrière s'est tout entière passée dans le Pas-de-Calais, et vous trouverez tout naturel que je revienne de préférence à des faits dont j'ai été le témoin.

Le bassin du Pas-de-Calais ne date guère que d'une cinquantaine d'années. Dourges et Courrières ont été concédés en 1852, Lens, Grenay et Noeux en 1853, Bruay et Marles en 1855, la plupart des autres mines,

(1) Chiffre de 1906.

de 1855 à 1860. Et cependant, dans un laps de temps aussi court, il s'est placé à la tête des bassins français, faisant à lui seul près des deux tiers de l'extraction du pays.

Les difficultés n'ont pas manqué pour sa mise en valeur. Les principales ont consisté dans le fonçage des puits, le recrutement de la main-d'œuvre et l'insuffisance des moyens de transport.

Les parties supérieures de la craie renferment des niveaux abondants, donnant parfois plus de 2 000 m³ à l'heure ; leur traversée s'est trouvée exceptionnellement difficile. Un certain nombre de fosses ont dû être abandonnées, le n° 1 de Dourges, le n° 1 de Marles, la première fosse de Vendin, d'autres encore, soit par la difficulté d'y installer le cuvelage, soit par l'abondance exceptionnelle des eaux qu'on y rencontrait. Je vous le disais, il y a un moment, les procédés nouveaux de fonçage sont de date relativement récente.

Une extraction journalière d'environ 60 000 t, comme c'est le cas dans le Pas-de-Calais, réclame une population du fond d'environ 60000 ouvriers et du jour de 16000. Il n'est donc pas surprenant qu'à maintes reprises, le progrès des exploitations ait été entravé par la difficulté de recruter la main-d'œuvre. Les conditions, à ce point de vue, étaient désavantageuses et le sont restées; le bassin s'est développé dans une contrée jusqu'alors exclusivement agricole et d'un sol médiocrement fertile. Il a fallu recourir à la population ouvrière des régions voisines, il faut encore aujourd'hui aller la chercher très loin et elle ne se fixe que peu à peu, à mesure que s'élèvent les cités ouvrières.

Cette question du recrutement de la main-d'œuvre reste tout à fait préoccupante : c'est vous dire avec quelle appréhension, pour leurs extractions futures, et par répercussion, pour la situation de l'industrie française, les exploitants envisagent les suites de la nouvelle réglementation dont on les menace à l'heure actuelle.

L'insuffisance des moyens de transport a surtout gêné les exploitants au début de la mise à fruit du bassin. La ligne des Houillères, d'Arras à Dunkerque, par Lens et Béthune, ne fut ouverte qu'en 1862, et certains de nous se rappellent encore les convois de voitures qui, par les routes du pays, portaient le charbon des carreaux des fosses jusqu'au canal ouvert par Vauban, dans la dépression marécageuse qui s'étendait d'Aire à Douai.

Aujourd'hui, desservies par des voies ferrées exploitées avec un talent et une largeur de vues auxquels il est juste de rendre hommage, par des voies navigables considérablement améliorées, favorisées par le mode d'établissement de la propriété minière en France, les Compagnies minières se trouvent en mesure de donner à leurs installations toute la cohésion et toute l'ampleur que leur gisement comporte. Ceux d'entre vous, messieurs, qui, sous la présidence de M. Couriot, ont, en 1904, visité les houillères du nord de la France, ont pu se rendre compte qu'une concession de mine du Pas-de-Calais, avec ses sièges voisins les uns des autres, son réseau ferré qui lui est propre, ses usines centrales de lavage de charbon, de fabrication de coke et d'agglomérés, constitue un ensemble parfaitement lié dans toutes ses parties, où les mouvements intérieurs sont réduits au minimum, qui profite de tous les avantages

de la concentration industrielle, enfin, qui peut être comparé aux établissements similaires des autres pays.

Un siège d'extraction, tel que le conçoivent les Ingénieurs des mines de houille du Pas-de-Calais lorsque le gisement à exploiter comporte une production annuelle de 500000 à 600 000 t, comprend deux puits de grand diamètre 5 m environ, peu distants l'un de l'autre, 25 à 40 m, armés tous deux pour l'extraction, l'un pour l'entrée et l'autre pour la sortie de l'air; à ces puits initiaux viennent, par la suite, lorsque les chantiers prennent de l'étendue et que le grisou a fait son apparition, s'ajouter un ou deux puits secondaires, creusés en des points judicieusement choisis et affectés exclusivement à l'aérage.

Autour des puits d'extraction, se groupent les services principaux du siège, leurs installations et leur matériel; près du puits d'aérage, l'aménagement succinct ne comporte guère qu'un treuil de visite et deux ventilateurs, actionnés par un courant emprunté aux génératrices d'une centrale électrique.

L'outillage des sièges est largement conçu; préoccupés d'augmenter la production horaire, d'activer la circulation du personnel dont la durée de présence est limitée par la loi, obligés d'assurer les services de l'extraction et de la descente des matériaux dans un temps que les prescriptions légales rendent plus court d'année en année, les Ingénieurs ont progressivement accru la capacité du matériel et la puissance des moteurs : la charge par cordée s'élève à 4 t, parfois à 6 t, la vitesse moyenne d'ascension atteint 15 m par seconde et la production dépasse 200 t par heure; des cages munies de parachutes, des dispositifs de signaux ou d'enclenchement assurent la sécurité du personnel qui circule dans les puits.

La machine d'extraction, dont la puissance est en rapport avec la profondeur des étages, le matériel d'extraction et la production horaire, réalisent, dans les plus récents modèles, le type économique de la machine à vapeur moderne ou de la machine électrique.

De puissants moteurs (300 à 800 chx), machines à pistons ou turbines, compriment à 5 kg environ l'air qui porte la force motrice dans tous les quartiers de la mine. Cet air alimente les engins de l'exploitation souterraine : treuils, pompes, ventilateurs secondaires, perforatrices, haveuses et marteaux pneumatiques qui remplacent le pic du mineur et dont l'emploi se répand de jour en jour.

Un outillage nouveau reçoit et envoie dans les chantiers de la mine les matériaux destinés au remblayage hydraulique, heureux progrès qui améliore. dans une mesure peut-être encore insuffisamment appréciée, non seulement la conservation de la surface, mais surtout la sécurité du travail souterrain.

L'énergie, sous forme électrique, produite sur le siège même ou amenée d'une usine centrale, actionne les moteurs secondaires de la surface, les pompes souterraines, et éclaire le carreau de la mine, les locaux de la surface, les accrochages souterrains des puits d'entrée d'air ainsi que leurs abords.

Aux bâtiments qui renferment les machines et les chaudières, sont annexés de vastes ateliers de triage, des lavoirs à charbon, exception-

nellement des fours à coke, le tout desservi par un faisceau de voies ferrées, constituant une véritable gare de chemin de fer.

Un ensemble de cette importance occupe de 1 500 à 2 000 ouvriers, dont la moitié en moyenne, parfois les deux tiers, sont logés dans la cité ouvrière qui fait partie du siège et le complète.

Ce court résumé vous explique le coût élevé qu'entraîne l'établissement d'un siège extrayant 500 000 t, — pas moindre que 10 à 12 millions de francs, soit de 20 à 25 f par tonne extraite, suivant la profondeur du puits, les difficultés de creusement et la longueur des voies ferrées qui le relient à la ligne principale.

Cependant, Messieurs, les Compagnies houillères du Pas-du-Calais n'ont pas hésité à multiplier les sièges, afin de mettre en plus prompte valeur le gîte qui leur a été concédé et faire face aux besoins de la consommation nationale. Elles y ont consacré annuellement une part importante de leurs bénéfices, 40 0/0 et plus, quelquefois la totalité ; au total, dans les vingt dernières années, une somme de près de 320 millions a été dépensée en travaux neufs.

Ces sièges, outillés pour extraire de 500 000 à 600 000 t par an, sont parfaitement adaptés aux conditions de notre gisement, dont la régularité médiocre ne comporte pas les puissants organismes capables de lever un million de tonnes par un seul puits, tels qu'on les crée actuellement au nord de la Ruhr.

Nous suppléons à la puissance par le nombre ; l'épaisseur des terrains de recouvrement ne dépassant guère 150 m le fonçage des puits est devenu une opération courante, sans aléas, relativement peu coûteuse ; l'électricité prête son précieux concours pour le service des puits annexes. Dès lors, il est parfaitement rationnel, il est sûrement économique de rapprocher les puits plus qu'on ne fait en d'autres pays. L'exploitant n'y perd rien, bien au contraire, comme rapidité de mise en œuvre du gisement et tout en économisant les frais relativement élevés d'acrage et d'entretien, il améliore la sécurité des travaux souterrains.

On ne sait peut-être pas assez, Messieurs, avec quelle décision de mettre en prompte et complète valeur les concessions qui leur ont été accordées, les exploitants du Pas-du-Calais ont adopté toutes les applications de nature à augmenter la productivité de leurs mines pour la porter au maximum compatible avec la sécurité du personnel et la puissance du gîte qui, malheureusement, n'a rien de comparable avec la merveilleuse régularité des terrains houillers de l'Angleterre, de la Sarre et du nord de la Ruhr.

Pour attirer la main-d'œuvre et la retenir, ils ont créé de vastes et confortables cités ouvrières, complétées par des écoles, des dispensaires, des bâtiments coopératifs ; ces logements largement conçus, très sains, sont entourés de grands jardins où l'ouvrier, sa journée finie, trouve une occupation et un délassement des plus agréables. Vous aurez, messieurs, une idée des dépenses que ces constructions ont entraînées par les chiffres suivants : les Compagnies logent 45 0/0 de leur personnel, elles ont construit plus de 25 000 maisons, dont l'établissement a coûté plus de 80 millions de francs.

Les exploitants ont en outre assuré a leurs ouvriers, bien avant l'intervention du législateur, le bénéfice des secours en cas de maladie et des retraites pour la vieillesse ; pour faire face à leurs travaux, tenir leur matériel au courant des progrès de la science, et annexer à leur exploitation minière, de puissantes usines de transformation pour la fabrication de briquettes, du coke, des sous-produits, pour créer des voies ferrées de raccordement aux lignes principales, des rivages d'embarquement, elles ont immobilisé environ 40 f par tonne extraite ; ils ont contribué de leurs deniers à l'amélioration des voies navigables et n'ont pas craint de subvenir à la construction du grand canal du Nord pour l'importante somme de trente millions. C'est grâce à ces efforts persévérants qu'ils ont dépassé la belle productivité de plus de 300 t par hectare utile concédé qu'aucun autre pays n'atteint, et ils entendent bien ne pas s'arrêter là ; au 1er janvier 1906, dans les deux départements du Nord et du Pas-du-Calais, on comptait vingt-huit puits en fonçage, reprise ou préparation, c'est-à-dire que déjà ils envisagent une production de 400 t par hectare, — plus peut-être, — car ils ont l'ambition d'atteindre le but que j'envisageais tout à l'heure, but qui, disons-le, et c'est à l'honneur de l'énergie de nos industriels français, s'est jusqu'ici éloigné à mesure que les charbonnages s'en approchaient.

En terminant, permettez-moi de trouver, Messieurs, dans ce rapide exposé historique et critique la marque de ce que nous aurions pu faire si la richesse de notre sous-sol l'eût permis. Tout aussi bien que d'autres, nous aurions pu charger les flottes qui, chaque année, partent de Cardiff ou de Newcastle vers tous les points du monde ; ou bien nous aurions pu alimenter de merveilleux foyers d'activité industrielle, comme ceux du Lancashire, de la vallée du Rhin, ou de la Pennsylvanie.

Cela n'a pas été départi à notre pays. Il a pour lui la fertilité de son sol, la douceur de son climat ; il contient l'un des gisements de fer les plus importants du monde, mais son sous-sol ne renferme le précieux combustible qu'en proportion insuffisante pour les besoins de son industrie.

Par suite, celle-ci n'a pu prendre l'ampleur qu'elle a chez nos voisins, elle a dû se borner en général à subvenir aux besoins de la consommation du pays, et son rôle, dans la concurrence universelle, demeure un peu effacé. S'il en résulte une diminution de notre puissance dans le monde, au moins gardons-nous un heureux équilibre entre les différentes forces productrices de notre pays.

Toutes les formes de l'activité humaine s'y trouvent représentées. Il reste un actif foyer des arts et des sciences ; il nourrit une nombreuse population agricole, et si son industrie n'a pas l'importance de celle de l'Angleterre et de l'Allemagne, elle continue de primer par le fini de la fabrication et le bon goût de ses artisans. Ainsi se maintient, dans l'ordre économique, cette heureuse harmonie qui rappelle le jugement du géographe grec sur notre pays aux débuts de son histoire et qui suggère l'idée d'un organisme composé à souhait « comme en vertu d'une prévision intelligente ». *(Longs et vifs applaudissements.)*

II

Présidence de M. E. Reumaux, Président.

Le Procès-Verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

Ch. Bartaumieux, Membre de la Société depuis 1899, Chevalier de la Légion d'honneur, Architecte, Expert près la Cour d'Appel ;

Ed. I. Bernheim, Ancien Élève de l'École Centrale (1885), Membre de la Société depuis 1888, Chevalier de la Légion d'honneur, Administrateur-Délégué de la Société d'Applications industrielles et Administrateur de la Société industrielle des Téléphones ;

A.-M. Chancel, Membre de la Société depuis 1883, Ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées ;

Ch. A.-P. Combes, Ancien Élève de l'École Polytechnique et de l'École Supérieure des Mines, Membre de la Société depuis 1903, Ingénieur-Conseil, Administrateur de la Société Électro-Métallurgique française ;

P. Escande, Membre de la Société depuis 1870, Ancien Élève de l'École Centrale (1865), Ingénieur-Constructeur, a été Ingénieur en chef du service du contrôle des constructions métalliques à l'Exposition Universelle de 1889 ;

A. Fritscher, Ancien Élève de l'École de l'Usine de Graffenstaden, Membre de la Société depuis 1893, Ancien Ingénieur-Constructeur, Président du Conseil d'Administration de la Compagnie des Eaux de la banlieue du Havre, Administrateur de la Société des Eaux de Picardie ;

P.-J.-C. Janssen, Membre d'honneur de la Société depuis 1885, Commandeur de la Légion d'honneur, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'Observatoire d'astronomie physique de Paris, Fondateur de l'Observatoire du sommet du Mont-Blanc ;

L.-Éd. Luchard, Membre de la Société depuis 1894, Ingénieur honoraire du Chemin de fer du Nord ;

J. Rueff, Membre de la Société depuis 1886, Commandeur de la Légion d'honneur, Administrateur délégué des Messageries fluviales de Cochinchine et de la Société des Ateliers et Chantiers de Saint-Nazaire. Membre du Conseil supérieur de la Marine Marchande et du Comité consultatif des Chemins de fer, Conseiller du Commerce extérieur de la France.

P.-A. Jolibois, Ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1879), Membre de la Société depuis 1891, Chevalier de la Légion d'honneur, Secrétaire du Conseil Municipal de Paris, Conseiller général de la Seine, Rédacteur en chef du journal « *Les Travaux Publics* », Directeur de la Bibliothèque du conducteur de Travaux Publics.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les nominations et décorations suivantes :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. J. Pérard;

Officiers de l'Instruction publique : MM. P. Baudouin, F. Brunsvick, J.-P.-L. Faure-Beaulieu, X. Gosselin, L. de Solms;

Officiers d'Académie : MM. G. Fiévé, L.-J. Leroux, L.-J. Tunis;

Grand-Officier de l'Osmanié : M. A. Scala;

Chevalier de l'Ordre du Cambodge : M. Rondet-Saint.

M. J. Groselier a été nommé Membre du Comité Consultatif de règlement amiable des entreprises de Travaux publics et des marchés de fournitures au Ministère des Travaux publics.

L'Académie des Sciences a décerné à M. Lucien March le prix Montyon de Statistique.

Le Conservatoire des Arts et Métiers a décerné à M. Louis David le prix Léon Droux.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que le Comité a nommé un deuxième Délégué, M. Paul Decauville, au Congrès International de Navigation de Saint-Péterbourg.

Le premier Congrès International de l'aménagement des routes en vue de leur adaptation aux nouveaux modes de locomotion. se tiendra, à Paris, vers la fin de 1908.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. E.-A.-F. Farnier, L.-G.-P. Godefroy, A. Jouve, L.-L. Laurent, R.-H.-J. Lemoine, R. Stenger, G. Thomas, M. Vincent, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. L. Mauduit et A. Pallez sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires et MM. J. André et E. Viehhaeuser comme Membres Sociétaires Assistants.

La séance est levée à 10 h. 5 m.

L'un des Secretaires techniques.

F. Clerc.

ANNEXE

AU

DISCOURS DE M. E. CORNUAULT

PRÉSIDENT SORTANT

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

I. — DÉCORATIONS FRANÇAISES

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. G. CANET et J. CARPENTIER.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. DE BIEDERMANN et G. DARRIEUS.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. F. MAHOUDEAU, A.-E. DARNAY, B. BATANERO DE MONTENEGRO, J. TEIXEIRA SOARES, L. DEMERLIAC, Ad. HUGOT, A.-L.-L. LEBON, Ch. BARTAUMIEUX, E. KOECHLIN.

Officiers de l'Instruction publique : MM. L. GUILLET, A.-H. LORPHELIN, J.-A. SIMONET J.-J. ESQUERRÉ, H. FAUCHER, P.-R. GANDILLOT, G. GUERBIGNY, P.-A. JOLIBOIS, H.-E. LAPIPE, H.-A. LEGENISEL, A.-F.-F. LEMOINE, Ch. MARBOUTIN, H.-L.-D. MARIOLLE, Ch. MICHEL, P. PIERREL, F. RABEUF, A. SÉE, P.-V.-V. GUELDRY, P. BORDÉ, H.-L. SAUVINET, L.-W. BATES, J.-E. MAURER, L. BAUDET, G. BERGEROT, F.-C. CALVÉ, G. CHAUVEAU, JEANNE-JULIEN, A.-G. MORIN, G. BRUNON, P.-H. FERRAND, E.-L. SURCOUF, G. DE RETZ.

Officiers d'Académie : MM. Ch. LECAMUS, J.-E. MICHAUT, L.-Ch.-D. PÉRAULT, H. SIRE DE VILAR, P.-J.-A. BESSON, F. CAISSIAL, P. CARTAULT, D. CASALONGA, A. LABUSSIÈRE, J.-V.-L. LAGACHE, P.-E.-L. MACHAVOINE, Ch. MARQUET, L.-G. MELIN, J. PIAT, E.-A. PICARD-MÉRY, Ph. SERRE, J.-P. TIHON, G. GARVIN, Ch. HALLER, P. L'HUILLIER, L. GRIVEAUD, P. ZIVY, H. BESSON, G. DESJACQUES, S. ENGRAND, A. HOLLARD, P. LEBROU, W. RECHNIEWSKI, G. ROUX, Ch.-A. VIGREUX, A. DUBOIS, J. MASSING, A. MEURER, A. SCHWARTZ, GOUSSARD, G. ALLAMEL, E. BOURGEOIS, A. CORNUAULT, R. ELLISEN, E. LOUYOT.

Officiers du Mérite agricole : MM. J, HOLZSCHUCH, J.-H.-Ch. WITTMANN, H. LAPRADE, E. BEAUPRÉ, A.-A. VAUTIER.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. L.-A. BELMÈRE, E.-T. CAGNIAUT, H.-Ch.-M. HERMANN, C.-F. OLLIVIER, P.-A. SCHUHLER, A. BLOCHE, V. DURAFORT, G. TOURIN, F.-A. FERNEZ, A.-M. PIFRE, P.-N. SICAULT, MARBOUTIN, R. LE BRUN.

II. — DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Grand-Croix du Mérite Naval d'Espagne : M. G. Canet.

Commandeur de l'Ordre Militaire de Conception de Villa Vicoza : M. F. Schiff.

Grand-Croix de la Conception du Portugal : M. G. Hersent.

Commandeurs du Christ du Portugal : MM. Ch. Balsan, Ch. Marteau, M. Douau.

Chevalier du Christ du Portugal : M. Ch. Odent.

Commandeurs de Sant-Iago du Portugal : MM. J. Hersent, A. Maury, L. Straus.

Grand-Officier de l'Osmanié : M. W. Bourgain.

Commandeur de Saint-Stanislas : M. D. Levat.

Commandeurs de Léopold de Belgique : MM. V. Dwelshauvers Déry, L. Coiseau.

Chevaliers de Léopold de Belgique : MM. Duvignaud, Teixeira Soares, E. Henry.

Chevalier de Saints-Maurice et Lazare : M. P. Boubée.

Officier d'Orange-Nassau : M. E. Van Diest.

Commandeur du Nichan Iftikar : M. F. Raty.

Officiers du Nichan Iftikar : MM. A. Michault, C. Le Bris, P. Besson.

Officier du Lion et du Soleil de Perse : M. M. Castelnau.

1re Classe du 3e grade du Double Dragon (Chine) : MM. G. Canet et Max Richard.

PRIX, RÉCOMPENSES, NOMINATIONS

I. — PRIX ET RÉCOMPENSES

Médaille d'argent *(grand module)* décernée à M. H. Bresson, par la Société des Agriculteurs de France

Médaille Meurand *(vermeil)* décernée à M. H. Bresson, par la Société de Géographie commerciale de Paris.

Médaille de Vermeil, décernée à M. H. Bresson, par la Société d'Encouragemen pour l'Industrie nationale.

Prix Annuel de la Société (1907) décerné à M. P. Besson.

Prix Michel Alcan (triennal 1907) décerné par la Société à M. G. Claude.

Prix François Coignet (triennal) décerné à M. G. Birault.

Prix Montyon *(mécanique)* décerné à M. G. Marié, par l'Académie des Sciences.

Prix décernés à MM. Zschokke et Butticaz par la Ville de Genève, à la suite d'un concours pour l'utilisation de la force motrice du Rhône.

Prix Montyon *(arts insalubres)* décerné à M. P. Bonneville, par l'Académie des Sciences. (Séance du 6 décembre.)

II. — NOMINATIONS

De M. L. Salomon, comme Membre du Comité de l'Exploitation Technique des Chemins de fer.

De MM. Ch. Prevet, J. Rueff, Lahaye et Gruner, comme Membres du Comité consultatif des Chemins de fer.

De M. E. Gruner, comme Président, et de M. E. Bertin, comme Vice-Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

De MM. Ed. Michaud, comme Vice-Président, Alasseur et G. Sautter, comme Membres de la Chambre de Commerce de Paris. (Séances des 15 février et 15 mars.)

De MM. E. Reumaux, Boudenoot et Gruner, comme Membres du Conseil de Perfectionnement de l'École Nationale Supérieure des Mines.

De M. Lamolle, comme Ministre des Travaux Publics de l'Uruguay.

De M. J.-M. Bel, comme Président de la Section de l'Industrie Minérale dans les Colonies, au Congrès Colonial français en juin 1907.

De M. Aimé Witz, comme Membre correspondant de l'Institut.

De M. de Timonoff, comme Directeur de la Statistique et de la Cartographie au Ministère des Voies et Communications de Russie.

De M. H. Constantin, comme Membre du Conseil de la Société de Géographie de Paris.

De M. E. Cornuault, Président de la Société, comme Membre du Comité d'Administration de la Société Internationale des Électriciens.

De M. G. Canet, comme Président de l'Institution of Junior Engineers, de Londres pour 1907-1908.

De M. J. Carpentier, comme Membre libre de l'Académie des Sciences.

De MM. Cossmann et Plocq, comme rapporteurs du Congrès International des Chemins de fer, qui se tiendra à Rome, en 1910.

De MM. L. Gaumont, H. Laval, J. Lopes-Dias, F. Mahoudeau, G. Meyer, comme Conseillers du Commerce Extérieur.

De M. N. Belelubsky, comme Docteur-Ingénieur honoraire de l'École Supérieure de Charlottenbourg.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 24 JANVIER 1908

PRÉSIDENCE DE M. E. REUMAUX, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître les décès de MM. :

Duchesne, Georges-Joseph, ancien élève de l'École des Mines de Liége, Membre de la Société depuis 1904, Directeur des Laboratoires de recherches et de l'usine de M. Ed. Huwart pour la fabrication du formol et de ses dérivés ;

Henry, P.-I.-L., Membre de la Société depuis 1892 ; a été Ingénieur aux Aciéries de Denain et Anzin, Directeur technique des Hauts Fourneaux et Fonderies de Brousseval et Directeur des Forges de Persan.

M. LE PRÉSIDENT adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. E. Cacheux, Jules Dollfus, G. Fouret, L. Gasne, J.-A.-W. Japy.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. R. Michau, J.-P. Vignes.

Officiers de l'Instruction publique : MM. J. Carrot, H. Charpentier, G. Fouret, H. Hubac, A. Isnard, Ph. Morand.

Officiers d'Académie : MM. G. Alfassa, R.-R. Bauret, A.-L. Boussemaer, A. Cathelin, L. Cazeau, P.-G. Debesson, D. Dewavrin, A. Duchez, H. Favrel, L.-G. Goguel, H.-Ch. Magunna, A. Masson, M. Merle, G. Pradel, A. Raquez, J. Saconney, A.-D. Thomas, A. Vivinis.

M. L. Guillet a été nommé Membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, en remplacement de M. Moissan, au Comité des Arts Chimiques.

M. H. Faucher, Président de la troisième section des Congrès Coloniaux, a été maintenu dans cette même fonction pour le Congrès 1908.

M. LE PRÉSIDENT adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président adresse tous ses remerciements à Mme Ve Monchot qui a, comme tous les ans, fait don à la Société, en souvenir de notre regretté Collègue, M. Monchot, de la valeur de quatre coupons des obligations de notre emprunt.

M. le Président fait connaître que M. Bochet a été nommé Délégué de la Société au Comité d'Étude et de Patronage pour l'amélioration du sort des Marins Pêcheurs et que M. le Président de la Société a été nommé Membre du Comité de patronage du premier Congrès International de la Route.

MM. J.-M. Bel et H. Faucher ont été nommés Délégués de la Société au Congrès Colonial de 1908.

M. le Président rappelle que dans la séance de ce jour et conformément au règlement, il doit être procédé à l'élection de trois Membres, pris parmi les Membres de la Société, pour le Jury du Prix Giffard 1905 prorogé 1908 et le Prix Giffard 1908.

Sont nommés : MM. Letombe, Brulé et J. Koechlin.

M. le Président fait connaître que, conformément au règlement, les Collègues, dont les noms suivent, ont été nommés en remplacement de ceux de nos Collègues nommés à des postes différents de ceux qu'ils occupaient ou démissionnaires :

1re Section. — Secrétaire technique pour trois ans, M. A. Portier.

3e Section. — Membre pour deux ans, M. L. Périssé; Secrétaire technique pour trois ans, M. G. Lumet.

4e Section. — Secrétaire technique pour un an, M. P. Bouzanquet.

5e Section. — Président pour deux ans, M. Ed. Calmettes ; Membre pour un an, M. P. Besson ; Secrétaire technique pour deux ans, M. F. Clerc, réélu.

M. G. Eiffel, ancien président, a la parole pour son résumé sur *Les expériences sur la résistance de l'air exécutées à la Tour Eiffel.*

Au cours de ces trois dernières années, M. Eiffel a exécuté, à la tour de 300 m, des expériences sur la résistance de l'air. Le but poursuivi était l'étude de cette résistance sur des surfaces de diverses formes qui se déplacent en ligne droite avec des vitesses comprises entre 18 et 40 m par seconde. Ces vitesses, qui sont difficilement réalisables et n'avaient pas encore été obtenues dans les recherches de ce genre, sont des plus intéressantes au point de vue de la stabilité des constructions, de la résistance opposée aux véhicules rapides et du fonctionnement des aéroplanes.

Le principe des expériences est le suivant. Du second étage de la tour, c'est-à-dire d'une hauteur de 116 m, on laissait tomber un mobile de 120 kg, comprenant à l'avant la surface à essayer, puis les organes de mesure. Pour arrêter cet ensemble sans le détériorer, on le faisait glisser le long d'un câble lisse et bien vertical, qui s'élargissait progressivement à 20 m au-dessus du sol, déterminant ainsi l'ouverture de mâchoires serrées par de puissants ressorts que portait l'appareil : il en résultait un freinage énergique et parfaitement régulier.

Pendant sa chute, l'appareil poussait devant lui la surface en expérience par l'intermédiaire de ressorts soigneusement tarés, dont l'allongement permettait de déduire la résistance de l'air qui agissait en sens opposé. Cet allongement était indiqué par un style relié à la surface et appuyant légèrement sur un cylindre vertical noirci porté par le reste de l'appareil. Ce cylindre lui-même était mobile autour de son axe, et sa rotation était commandée par un galet qui roulait sans glissement sur le câble. Enfin, le style était directement fixé à un diapason faisant 100 vibrations par seconde et mis en mouvement au début de la chute. De cette manière, la courbe unique tracée sur le cylindre était une fine sinusoïde donnant à la fois le temps par ses ondulations, l'espace parcouru par ses abscisses et la tension des ressorts par ses ordonnées moyennes. La vitesse se déduisait des deux premières quantités et la résistance de l'air de la troisième. En réalité, la tension des ressorts ne mesurait pas l'effort de l'air; mais elle le faisait connaître par une relation que le diagramme tracé sur le cylindre déterminait entièrement. Le calcul appliqué à ce cas aurait conduit à des opérations interminables. M. Eiffel l'a remplacé par une méthode graphique très simple, et offrant de plus l'avantage de renseigner sur l'approximation obtenue et sur la légitimité de la méthode employée.

Les diagrammes qui présentaient toutes les garanties d'exactitude ont été seuls conservés. Leurs résultats ont été ramenés à ce qu'ils auraient été à la température de 15 degrés et à la pression de 760 mm.

M. Eiffel a trouvé que, dans la limite de ses mesures, la résistance est très sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse, ce qui le conduit à adopter la formule de Newton $R = KSV^2$. En réalité, l'exposant de V paraît croître d'une façon continue, en prenant la valeur 2 pour la vitesse de 33 m environ ; mais cette variation est trop faible pour qu'on doive en tenir compte dans la pratique.

En ce qui concerne la valeur de K suivant les plaques, M. Eiffel a trouvé que ce coefficient varie lentement avec l'aire de la plaque et avec son périmètre. Il reste compris entre 0,07 et 0,08 : cette dernière valeur semble un maximum qu'atteignent seulement les plaques d'assez grande dimension. Les plaques expérimentées avaient la forme de cercles, de carrés et de rectangles; leurs surfaces ont été 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 et 1 m^2.

M. Eiffel a étudié, en outre, l'influence des ouvertures pratiquées dans une plaque, celle due au voisinage, ou à la superposition de deux plaques, et enfin, la résistance des surfaces coniques et sphériques, de dièdres et de plans inclinés. En ce qui concerne les plans inclinés, leur résistance, nécessairement normale au plan, peut être regardée, pour un plan carré de 0,50 m de côté, comme croissant d'abord proportionnellement à l'angle que forme le plan avec la direction du mouvement ; à partir de 30 degrés jusqu'à 90 degrés, elle peut être, sans erreur notable, prise égale à la résistance qu'offre le plan normal au vent.

M. Eiffel se propose de contrôler et de compléter les résultats précédents, en ce qui concerne les plans obliques de différentes formes et dimensions, à l'aide d'un appareil fondé sur un tout autre principe.

M. le Président remercie M. Eiffel d'avoir bien voulu communiquer

à la Société les résultats de ses très ingénieuses expériences et des intéressantes formules qu'il a établies. Car le plus grand service qu'un savant et un Ingénieur puisse rendre à ses collègues est de mettre à leur disposition des données d'expériences bien déduites, précises, et correctement observées.

M. R. Soreau a la parole pour une communication sur *l'État actuel de l'Aviation.*

M. Soreau, après avoir brièvement rappelé les rapides progrès des ballons dirigeables, se demande si nous allons assister à pareil développement du plus lourd que l'air. Que valent les retentissantes expériences de vol mécanique exécutées ces temps derniers ? Après l'envolée de M. H. Farman, bouclant le kilomètre en moins d'une minute et demie, il ne saurait plus être question de simples bonds dans l'espace. Mais les aéroplanes sont-ils condamnés à évoluer en champ clos, au-dessus d'un terrain soigneusement choisi pour l'essor et l'atterrissage, ou bien pourront-ils un jour se risquer sur les routes aériennes où les ballons dirigeables les ont devancés ? Pour formuler une opinion réfléchie à cet égard, il convient d'exposer les principes fondamentaux de l'aviation, d'étudier les recents essais d'aéroplanes, et d'examiner si les perfectionnements qu'on peut concevoir limitent le rôle du vol mécanique à un sport, ou si les progrès peuvent être assez amples pour légitimer de plus larges espoirs.

Ire Partie : *Principes.* — C'est probablement à l'Aérodynamique que pensait l'humoriste qui a dit qu'avec les Mathématiques on démontre tout ce qu'on veut, et même, ajoute M. Soreau, ce qu'on ne veut pas. Il s'en servira donc avec modération, et commence par rappeler pour quelles raisons les procédés habituels de la Mécanique appliquée doivent être employés avec une particulière prudence dans tous les problèmes qu'intéressent les mouvements des fluides. Il en donne comme exemple la loi dite du sinus carré, d'après laquelle le rapport entre la pression qu'exerce un courant sur un plan incliné et la pression sur ce plan frappé normalement serait égal au carré du sinus de l'angle d'incidence : trouvée par la décomposition de la vitesse du courant, sans tenir compte du mode d'écoulement de l'air, cette loi dogmatique est tout à fait inexacte ; avec elle, le vol des oiseaux serait impossible, et celui des aéroplanes exigerait des moteurs d'une extraordinaire légèreté.

Notre collègue n'emploiera donc que des formules ayant subi le contrôle de l'expérience; il recourra systématiquement aux méthodes les plus simples, et fera usage des simplifications compatibles avec le degré d'approximation que comporte le problème. Ces quelques aperçus doivent rassurer l'auditoire sur l'usage qu'il compte faire des mathématiques.

Il recherche d'abord quelle doit être la forme de la fonction qu'il convient de substituer au sinus carré pour rendre le vol des oiseaux, non seulement possible, mais encore facile. Le sinus simple explique le vol, mais conduit encore à une dépense de travail trop elevée. La fonction qui convient est de la forme $q \sin i$, q étant lui-même une fonction de

l'angle d'incidence, laquelle ne doit pas s'annuler avec lui. Dans les faibles limites assignées à cet angle par le poids des moteurs actuels, q peut être considéré comme constant. Pour les plans carrés, les formules de Duchemin et du colonel Renard montrent qu'il est alors un peu inférieur à 2. M. Soreau est l'auteur de la seule formule qui tienne compte de l'allongement du plan ; elle conduit à multiplier sin i par un coefficient généralement compris entre 3 et 4 pour des voilures allongées dans le sens des ailes de l'oiseau : ce coefficient λ caractérise l'allongement. Il convient d'introduire un autre coefficient μ pour les surfaces d'aéroplanes à faible concavité tournée vers le sol. La qualité portante de ces surfaces peut donc s'exprimer par la formule simple $q = \lambda\mu$, qui permet de donner en quelque sorte le bilan de cette qualité : ainsi, pour les aéroplanes type Wright, M. Soreau, d'accord avec les calculs du capitaine Lucas-Girardville, montre que sin i doit être multiplié par 3,2 du fait de l'allongement des surfaces, et par 1,5 du fait de la concavité ; d'où une amélioration considérable de la qualité portante de l'air agissant sur des surfaces inclinées, si elles sont convenablement allongées et incurvées.

Ainsi, tandis que les habiles et scrupuleux expérimentateurs qui ont déterminé le coefficient de la résistance de l'air l'abaissaient de 0,125 à 0,085, puis à 0,08, et enfin à une valeur comprise entre 0,08 et 0,07, — ainsi que vient de nous l'indiquer M. Eiffel à la suite de ses délicates et remarquables expériences, — une théorie naissait qui rassurait les aviateurs en leur apportant une ample compensation.

Après ces considérations fondamentales, notre collègue aborde l'étude de l'équilibre des aéroplanes, et montre quel est le mécanisme de leur marche : l'angle d'attaque sur l'air étant déterminé, la vitesse en résulte, quelle que soit la trajectoire suivie ; la pente de cette dernière est égale à l'excès de l'effort de traction que développe le moteur par kilogramme de l'aéroplane sur l'effort de traction nécessaire à la marche en palier. Entre autres renseignements pratiques, il montre comment la méthode des glissades, avec moteur au repos, permet de déterminer la valeur des divers paramètres qui entrent dans les deux équations d'équilibre. Enfin, il présente une table à double entrée donnant la puissance minimum que doit avoir le moteur pour soutenir un aéroplane défini par la qualité q de ses surfaces sustentatrices, et par la résistance à l'avancement de ses surfaces passives.

M. Soreau parle ensuite de la stabilité. Il indique comment les oiseaux la réalisent automatiquement, dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, mais il estime ces moyens insuffisants pour des navires aériens de quelque importance, et il en indiquera d'autres dans la troisième Partie. Il se contente d'attirer l'attention sur ce que les aéroplanes à grand moment d'inertie obéissent avec plus de paresse aux déversements provoqués par l'intervention subite d'une force extérieure, telle qu'un coup de vent.

II[e] Partie : *État actuel de l'aviation.* — Le conférencier fait d'abord un rapide historique. La première étude rationnelle de l'aéroplane date de 1809 ; elle est due à sir G. Cayley. Mais le premier aéroplane mécani-

que qui ait réussi à voler par ses propres moyens fût construit par un aviateur français de grand mérite, Alphonse Pénaud, qui donna aussi une remarquable théorie. Depuis, le professeur Langley construisit un autre aéroplane-oiseau à moteur plus puissant, qui détient par 1 200 m le record des aéroplanes non montés.

Après les essais infructueux des grands aéroplanes de MM. Ader et Maxim, l'Aviation entra dans une voie expérimentale très heureuse avec Otto Lilienthal, Chanute et les frères Wright. Après trois années d'entraînement, ces derniers résolurent de monter un aéroplane à moteur. Ils auraient réussi, en décembre 1903, à parcourir 250 m en 1 minute contre un vent de 9 m; ce serait le premier vol mécanique réalisé par l'homme. Des expériences poursuivies sans relâche et de progressives améliorations auraient abouti, le 5 octobre 1905, à un vol circulaire de 39 km en 38 minutes. Mais, dans un pays si avide d'événements sensationnels, il ne se trouva personne de qualifié pour contrôler de tels vols répétés. Quoi qu'il en soit de leur authenticité et des fameuses négociations pour la cession de cette découverte, la France donne à cette énigme la plus élégante des solutions : elle construit elle-même des aéroplanes en passe d'atteindre les performances annoncées en Amérique.

Après d'intéressants détails sur l'origine du mouvement dont nous sommes témoins dans notre pays et sur la part qu'y prirent des savants de haute compétence, comme le colonel Renard, des hommes de propagande et d'action, comme M. Archdeacon, de généreux Mécènes, comme M. Archdeacon et notre Collègue M. Deutsch de la Meurthe, M. Soreau indique les principales caractéristiques des aéroplanes expérimentés depuis fin 1906 : aéroplanes à plans superposés, avec stabilisateurs et gouvernails de profondeur pour faire varier l'angle d'attaque de l'ensemble (MM. Santos-Dumont, Delagrange, Kapférer, Farman); aéroplanes à deux paires d'ailes en tandem, ou même à une seule paire d'ailes (MM. Blériot, Esnault-Pelterie). Ces derniers demandent une puissance motrice moins élevée, principalement en raison de leur moindre résistance à l'avancement; ils ont une plus grande maniabilité, prouvée notamment par les évolutions de l'aéroplane Esnault-Pelterie, mais, avec les aéroplanes du premier type, il est généralement plus facile d'obtenir une stabilité suffisante, du moins par les moyens assez rudimentaires qu'on a employés jusqu'ici. Les projections cinématographiques font revivre les vols exécutés à Bagatelle, à Vincennes, à Buc et à Issy-les-Moulineaux; en particulier, l'envolée de M. Farman, gagnant du prix Deutsch-Archdeacon, est saluée par d'unanimes applaudissements.

En raison de l'heure avancée, M. Soreau s'excuse de ne pouvoir aborder la troisième partie de sa communication où il conclut à la possibilité d'améliorer considérablement les nouveaux navires aériens. Il termine en constatant que c'est dans « le doulx ciel de France » que s'est élevée la première montgolfière, qu'ont évolué les premiers ballons dirigeables et que se sont élancés, — au grand jour du moins, — les premiers aéroplanes.

M. le Président remercie M. Soreau de sa très remarquable conférence. Les vifs applaudissements qui l'ont interrompu à diverses reprises et ont accueilli sa conclusion montrent quel grand intérêt tous les auditeurs y ont pris.

M. Soreau, au début de sa communication, a dit peut-être un peu de mal des mathématiques. Ce n'est là que pure coquetterie d'un Ingénieur qui sait admirablement s'en servir, et qui s'en est servi pour établir les conditions que l'aéroplane doit remplir. *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président demande à M. Soreau de traiter la troisième partie de sa conférence, que l'heure avancée ne permet pas de développer ce soir, à la séance du 7 février.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. Bourrey, F. Chartaux, E. Cuvelette, L. Giraud, J. de Gontard, A. Lagarrigue, C. Le Jeunne, A. Lisboa, H. Magunna, E. Partiot, H. Renouard, R. Robard, A. Roy, comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. A. Magis, A. Stockhammer, C. Simonet, commo Sociétaires Assistants ;

M. G. Gilbert, comme Membre Associé.

MM. E.-A.-F. Farnier, L.-G.-P. Godefroy, A. Jouve, L.-L. Laurent, R.-H.-J. Lemoine, R. Stenger, G. Thomas, M. Vincent, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à minuit dix.

L'un des Secrétaires techniques,
F. Clerc.

PLANS INCLINÉS ET VOIES MINIÈRES

PAR

M. A. LARAN

I.

Dispositif pour plan incliné à deux chariots-porteurs permettant de supprimer une recette à la tête et de simplifier les manœuvres au pied.

Un plan incliné automoteur à 35 degrés de pente, établi au point terminus d'une voie générale de transport, sert de trait d'union entre le chemin de fer minier et les laveries situées à 75 m en contre-bas.

Par ce plan, on doit pouvoir descendre jusqu'à 800 berlines en dix heures de travail; aussi était-il intéressant de trouver un dispositif qui permît de réduire le temps employé aux manœuvres d'embarquement et de débarquement, d'éviter l'encombrement des recettes par suite de la circulation autour de la tête du plan, et surtout de supprimer l'établissement de voies de manœuvres au delà du plan, ce qui représente une grosse économie, vu la forte déclivité du terrain. Ce problème a été résolu en adoptant le dispositif qui est indiqué dans le dessin schématique ci-joint (voir *fig. 1 et 2*).

On y trouvera de plus l'indication d'un autre dispositif qui a pour but de réduire au strict nécessaire les voies au pied d'un plan incliné et de faciliter les manœuvres, car les berlines vides et chargées circulent toujours dans le même sens.

Nous décrirons d'abord le dispositif de tête, que nous avons installé il y a déjà trois ans et qui n'a jamais cessé de fonctionner. Ainsi que le montre le schéma d'ensemble (*fig. 1*), la station terminus du chemin de fer comporte seulement deux voies, avec un certain nombre de raccords pour évitement des locomotives, qui viennent aboutir au placage de l'unique recette du plan.

Ce plan est à double voie ; les chariots-porteurs sont du type courant, ainsi d'ailleurs que la bobine.

Le principe du dispositif est le suivant : un chariot-pont, qui roule sur une voie indépendante de celle du plan incliné, mais ayant la même pente, vient automatiquement occuper la place laissée libre du chariot-porteur de droite, lorsque celui-ci, chargé, abandonne la recette.

Il résulte de cette manœuvre que l'espace libre entre la recette unique et le chariot-porteur de gauche, lorsque celui-ci est arrivé à son tour à la tête du plan, se trouve occupé par le chariot-pont. Ce dernier, justifiant son nom, fait office de pont sur lequel circulent les berlines chargées et vides, qui vont et viennent vers la recette unique.

Le plan continuant à fonctionner, c'est au tour du chariot-porteur de droite à remonter et celui-ci, en arrivant près de la

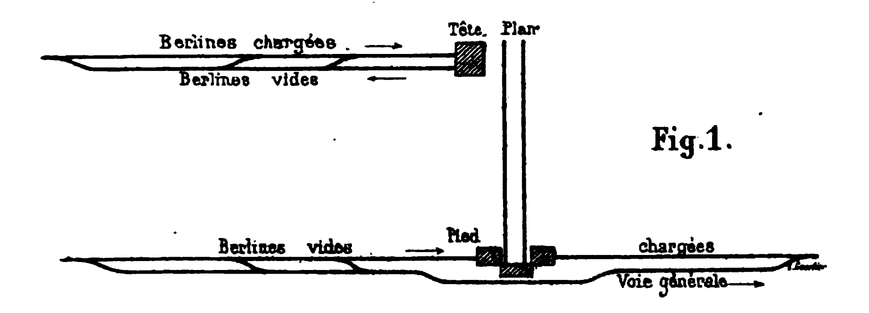


Fig.1.

recette unique, repousse devant lui le chariot-pont qui, exactement équilibré, n'oppose qu'une très faible résistance à la remontée. Le chariot-porteur de droite atteint la recette sans violence et les manœuvres se renouvellent.

Le chariot-pont est construit comme le chariot-porteur (longueur, largeur, hauteur, etc.); mais, toutefois, on peut le faire plus léger. Le plancher est recouvert de plaques de tôle ; en avant et en arrière, un rebord suffisamment élevé empêche que les berlines, entraînées par une manœuvre trop rapide, ne viennent tomber dans le vide ; les rails de la voie sur laquelle roule le chariot-pont sont recourbés à leur extrémité inférieure au point voulu pour que, embrassant le tiers de la circonférence de la roue, ils servent ainsi de taquets d'arrêt. A l'extrémité arrière de chacun des longerons dudit chariot-pont une main courante saisit le rail du plan incliné et s'oppose ainsi à tout

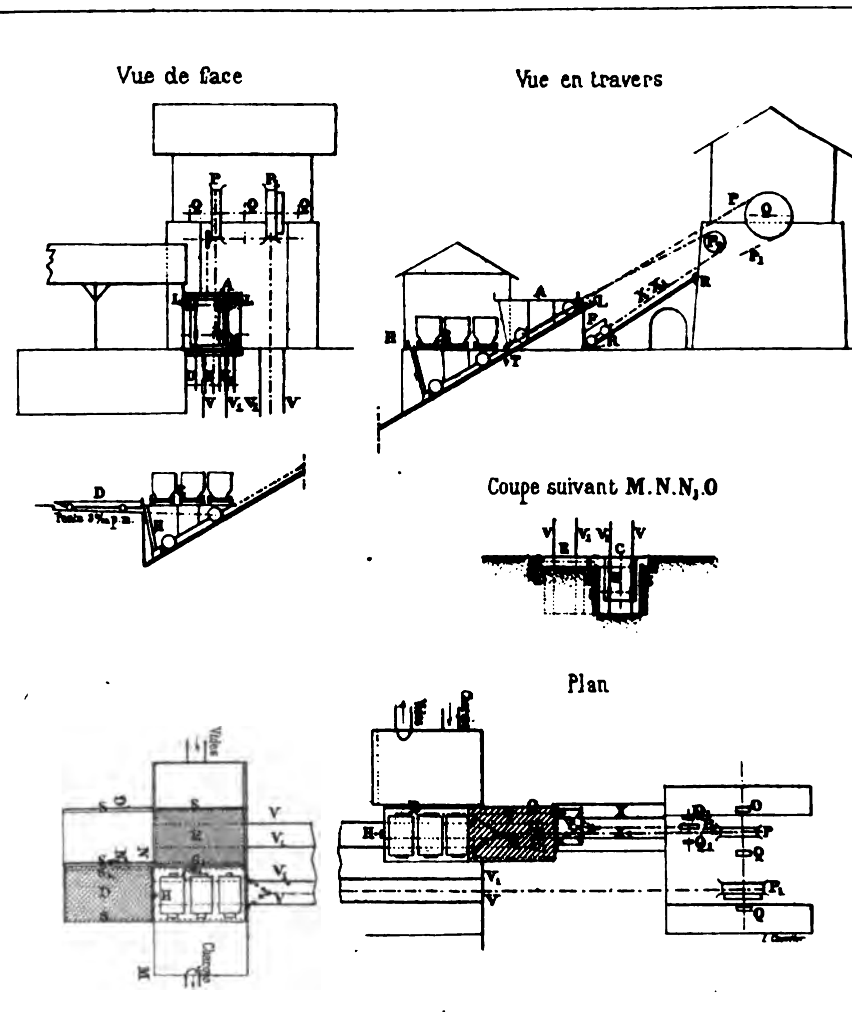


Fig. 2. Légende

A........Chariot-pont
B........ — » — porteur
C........ — » — id —
D........ — » — roulant
E........ — » — id —
F........Contrepoids du chariot pont
H........Buttoir avant des chariots porteurs
L........Main-courante du chariot pont
$P.P_1$.....Bobines du plan incliné

P_2.......Poulie pour chariot pont et contrepoids
Q........Supports des bobines
Q_1.......Supports de la poulie
R........Taquets d'arrêt du contrepoids
$S.S_1$.....Rails des voies des chariots roulants
T........Tampon
$U.U_1$.....Rails de la voie du chariot pont
$V.V_1$.....Rails des voies du plan
$X.X_1$.....Rails des voies du contrepoids

mouvement de bascule; enfin, le contre-poids est limité dans sa course arrière et avant par des verrous fixes convenablement placés.

La traverse avant du chariot-pont porte un tampon à ressort qui reçoit le léger choc du chariot-porteur à la remontée : le freinteur doit avoir la précaution de réduire la vitesse quelques mètres avant d'atteindre le niveau de la recette.

Il est bon de remarquer que lorsque le câble devrait travailler au maximum, c'est-à-dire lorsque les berlines circulent sur le chariot-pont, celui-ci repose sur ses taquets et, en cas de rupture de câble à un autre moment, la vitesse que peut acquérir le chariot-pont est faible et les mains courantes s'opposent à tout mouvement de bascule. Il est possible, d'ailleurs, d'employer d'autres moyens pour augmenter les conditions de sûreté de l'installation.

Dispositif du pied du plan.

Nous nous trouvions gênés, faute de place, pour établir au pied du plan les voies et placages suffisant pour assurer le meilleur service d'embarquement et de débarquement; aussi avons-nous imaginé le dispositif qui figure sur le plan schématique (*fig. 2*).

Au pied du plan, circulant sur des voies à pente inverse de celle du plan, deux chariots-roulants viennent automatiquement occuper l'espace laissé libre par le chariot-porteur qui remonte. De cette façon, lorsqu'un des chariots arrive au fond du plan, rien ne s'oppose à ce que les berlines circulent toujours dans le même sens, le vide poussant toujours le plein, par exemple. Une seule voie, coupée par la fosse du plan, suffit pour assurer le service sans qu'il y ait encombrement; le roulage est également réduit au minimum.

Pour que le chariot-roulant remonte sur sa pente, le chariot-porteur porte en avant une pièce de bois de section rectangulaire, incliné en dedans, qui repousse ledit chariot. On peut, naturellement, pour amoindrir le choc, interposer des ressorts ou tampons. Notre plan fonctionne cependant sans aucun de ces accessoires.

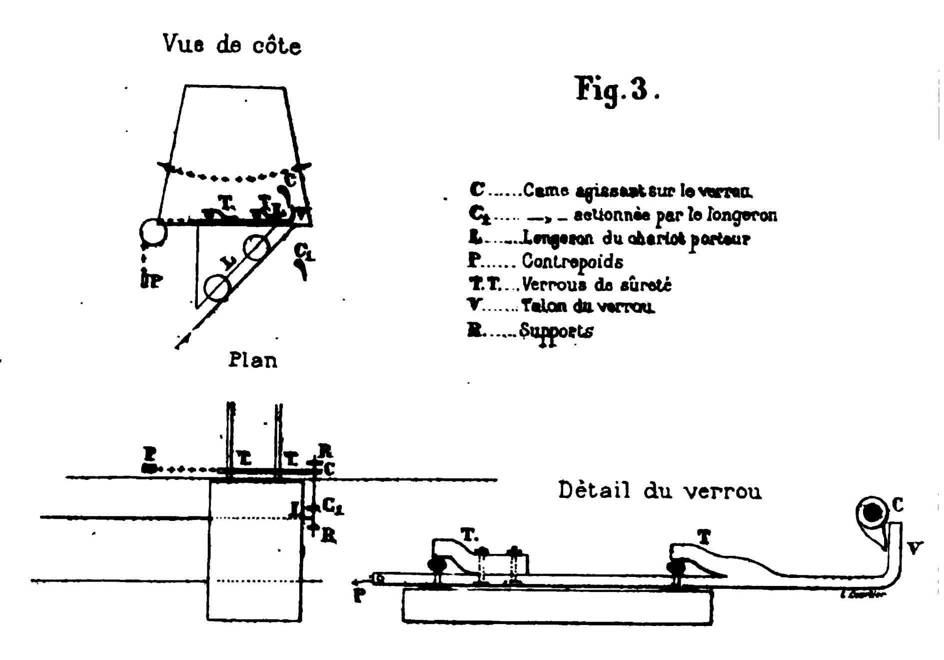
Nous avons, en marche, un plan avec les deux dispositifs et un autre avec seulement le dispositif de tête.

II.

Clichage automatique pour recette de plan incliné à chariot-porteur et contrepoids.

Le plan incliné a 30 degrés de pente, et il est particulièrement intéressant d'obtenir un verrouillage automatique de la voie d'accès au plan. De cette façon, bien qu'en plus une chaîne soit tendue en travers de la galerie, on peut être certain qu'aucune berline ne sera poussée vers le chariot-porteur lorsque celui-ci sera au fond du plan.

Toute la manœuvre, pour la recette de tête, est faite par le



chariot-porteur de la manière suivante : le longeron de droite du chariot-porteur est plus long de quelques centimètres que son symétrique et, en arrivant près de la recette, il fait tourner une came fixée sur un arbre horizontal. Celui-ci porte à son extrémité opposée une came semblable, mais inclinée en sens inverse de la première et qui, lors de la rotation de l'arbre horizontal,

repousse en arrière le verrou de sûreté terminé par un talon. La voie n'est donc complètement ouverte que lorsque le chariot-porteur est en place pour la manœuvre. Dès que celle-ci est achevée et que le freineur laisse redescendre le chariot, le contrepoids agit et la voie se trouve à nouveau bloquée : tout est en place pour une nouvelle manœuvre *(fig. 3)*.

Un verrouillage analogue fonctionne pour la recette intermédiaire; mais alors la manœuvre en est faite (pour l'ouverture) par le freineur de tête au moyen d'un fil d'acier et d'un levier, et lui seul peut donner la voie libre; la fermeture se fait automatiquement par le contrepoids aussitôt que le chariot-porteur abandonne la recette.

La voie d'accès de la recette intermédiaire est donc toujours bloquée.

La barre qui porte les deux taquets, dont un fixé au moyen de boulons, glisse dans une ouverture pratiquée dans l'âme des rails à la distance, qu'on choisit, de l'extrémité des rails.

Il y a deux ans que ce clichage fonctionne.

III.

Aiguillage portatif.

Il est utile, dans une exploitation minière et particulièrement dans le cas des couches puissantes de houille exploitées par tranches horizontales, de pouvoir facilement déplacer un aiguillage desservant une voie secondaire, sans avoir besoin pour cela de couper les rails d'une voie générale de transport.

L'aiguille horizontale résout ce problème *(fig. 4)*.

Une pointe d'aiguille horizontale, faite avec un bout de rail dont l'âme a été coupée à une extrémité, et le champignon restant étiré, vient reposer sur le champignon du rail de la voie générale, du côté intérieur de la voie de raccordement qu'on veut établir.

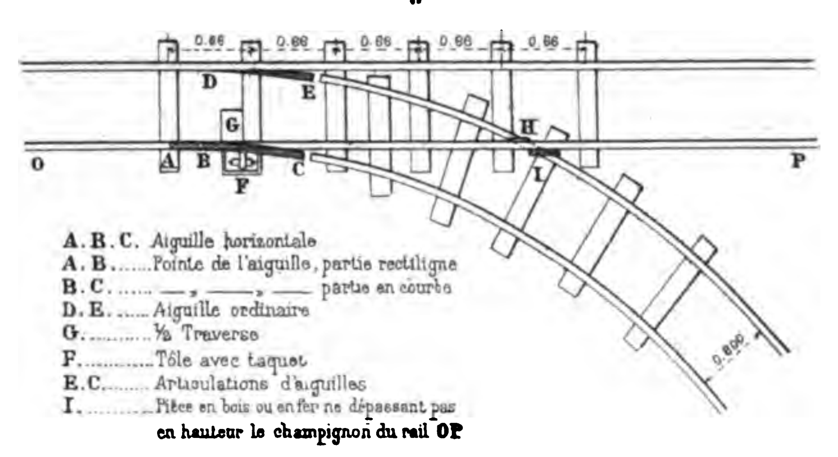
Une tôle, qui se fixe sur une traverse de la voie générale et sur une demi-traverse qu'on glisse sous le rail de ladite voie, porte un taquet qu'on manœuvre facilement avec le pied et qui empêche tout mouvement de l'aiguille lorsque celle-ci est utilisée pour donner entrée à la voie secondaire.

La pointe d'aiguille du rail extérieur de la voie secondaire n'a rien de particulier et est constituée par un fer de section rectangulaire en forme de coin.

Mise en place.

Pour le rail extérieur de la voie secondaire, nous avons une pointe d'aiguille, type courant, plus un bout de rail courbé, qu'on met en place en utilisant les traverses de la voie générale, en ayant soin toutefois de le surélever au moyen de cales ou

Fig. 4.



mieux de selles, de telle façon que le champignon, au point voisin de croisement avec la voie générale, soit suffisamment élevé pour que le boudin de la roue soit tangent au champignon du rail de la voie générale au moment où la jante abandonne le rail de la voie secondaire. Celui-ci, en effet, est coupé en H, afin de laisser libre le passage du boudin des roues des wagonnets qui circulent sur la voie générale. Au delà du croisement, on continue à poser le rail sur les traverses de la voie secondaire; mais on a bien soin de laisser entre le rail de la voie générale et celui de la voie secondaire un intervalle suffisant pour que la jante des roues des wagonnets puisse librement passer sur la voie générale. Afin d'éviter les secousses qui ne manqueraient pas de se produire au point de croisement, par suite de la solution de continuité de la voie secondaire, on placera en I un coin en

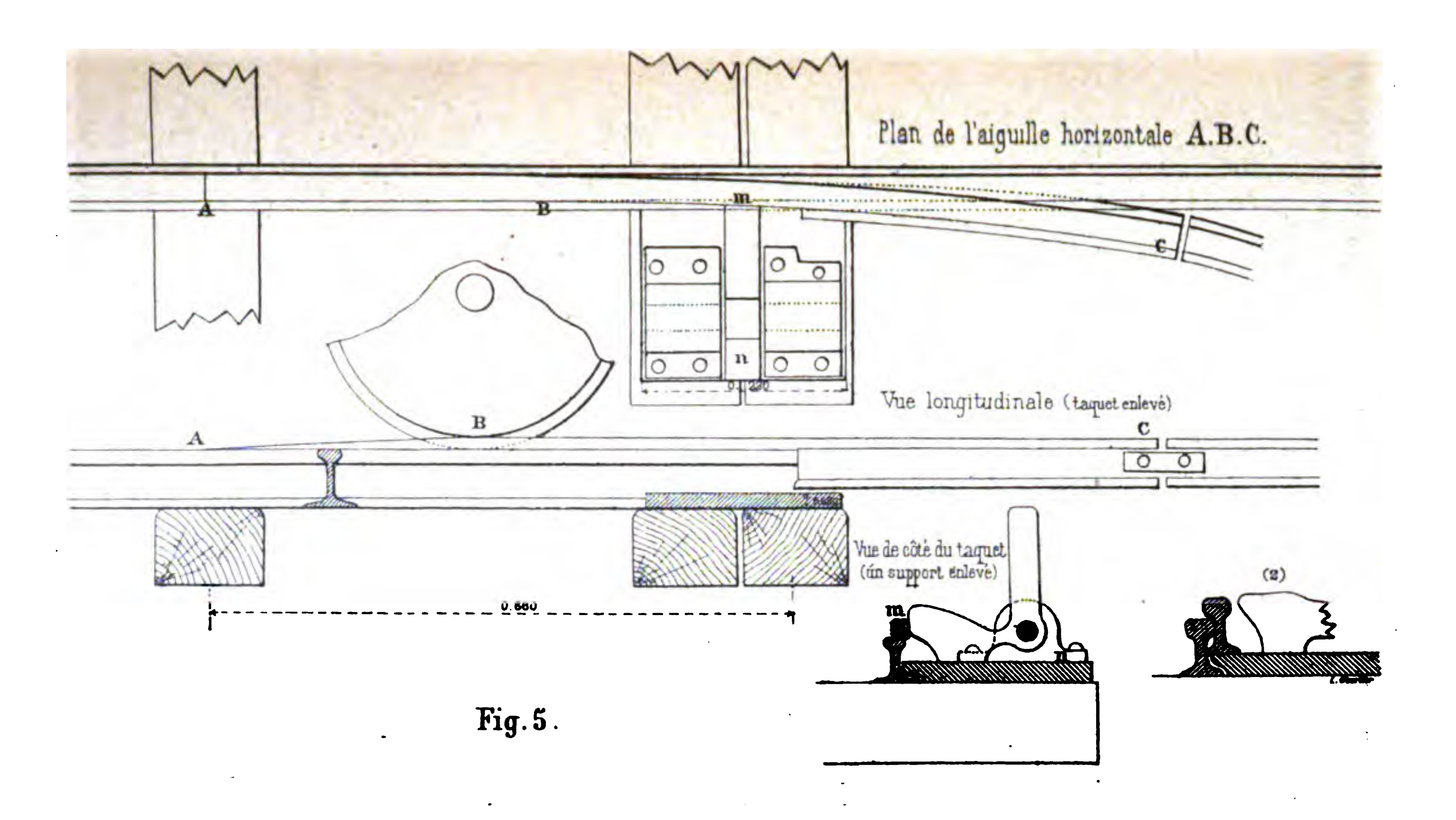

Plan de l'aiguille horizontale A.B.C.
A
B
m
n
C
0.220
B
Vue longitudinale (taquet enlevé)
A
C
0.660
Vue de côté du taquet
(un support enlevé)
m
(2)

Fig. 5.

bois ou en fer qui affleurera à niveau du champignon du rail de la voie générale; de cette façon, la roue du wagonnet roulera alternativement sur sa jante et sur son boudin et les secousses seront évitées.

Pour le rail intérieur, nous avons à mettre en place une pointe d'aiguille horizontale dont la partie rectiligne a une longueur telle que, pour la pente choisie, la hauteur ainsi gagnée soit au moins égale à la saillie du boudin des roues employées pour le matériel de transport. La partie courbe n'a rien de particulier.

Suivant le rayon qui sera choisi pour la courbe de raccordement des deux voies, il pourra advenir que le taquet, qui doit autant que possible agir au milieu de la distance A-C, vienne maintenir l'aiguille en un point où l'âme du rail n'est pas encore coupée; la vue de côté se présentera alors comme l'indique la figure 5.

On remarquera que la tôle qui supporte le taquet sert en même temps de plan de glissement au patin du rail de l'aiguille horizontale, ce qui facilite son déplacement.

On voit que, grâce à ce dispositif, on peut desservir une voie secondaire qui vient s'embrancher sur une voie générale de transport, sans qu'il soit besoin pour cela de couper les rails de ladite voie, de placer de croisement en fonte, etc., et que, de plus, le déplacement de l'embranchement est très rapide.

Nous avons plusieurs embranchements en service depuis plusieurs mois, sans que nous ayons eu besoin de renouveler les pointes d'aiguilles horizontales.

LES
GAZOGÈNES A GAZ PAUVRE

PAR

M. L. LETOMBE

AVANT-PROPOS

Dans cette étude nous nous occuperons principalement des gazogènes destinés à l'alimentation des moteurs à gaz.

Nous dirons néanmoins quelques mots, mais à titre comparatif seulement, des gazogènes dont le gaz sert uniquement à des chauffages industriels.

Ces derniers appareils ont été d'ailleurs très savamment décrits dans les Bulletins mêmes de la Société par le regretté M. Lencauchez et nous engageons tous ceux que cette question particulière intéresse à se reporter aux mémoires publiés.

Les installations de force motrice par le gaz pauvre prennent de jour en jour plus d'importance, bien que jusque dans ces derniers temps les gazogènes n'aient pu être alimentés que de combustibles coûteux. Dans la limite des puissances ordinaires, les rendements élevés des moteurs à gaz et des gazogènes permettaient ce luxe, mais pour aborder les grandes puissances on ne peut évidemment penser à recourir à des charbons spéciaux. Il n'y aurait aucun avantage, en effet, à faire une économie de charbon de 50 0/0 en poids par exemple si le combustible employé devait coûter dans ce cas deux fois plus cher. Mais il est certain que du jour où il existerait des gazogènes pouvant s'accommoder de charbons ordinaires, ou même mieux si possible de combustibles inférieurs non utilisables sur les grilles de générateurs, les limites d'emploi de moteurs à gaz se trouveraient considérablement reculées.

On sait en effet par l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux que les grands moteurs à gaz sont des machines excessivement pratiques, d'un fonctionnement aussi sûr et aussi régu-

lier que celui des machines à vapeur qu'ils ont pu remplacer d'ailleurs dans tous leurs emplois. Il existe déjà des moteurs de 2500 ch et on annonce la construction de moteurs de 5000. On n'a d'ailleurs pas besoin, en général, dans l'industrie d'unités aussi considérables.

En Allemagne, de nombreuses stations centrales de 10000 à 350000 chevaux en moteurs à gaz de hauts fourneaux et de fours à coke existent. Pour en faire autant avec du gaz de gazogène, il suffit évidemment de ne pas être tributaire d'un prix élevé de combustible.

Théorie des gazogènes.

Un gazogène est en principe un appareil extrêmement simple. Ce n'est qu'*un trou dans lequel on met du charbon*, suivant l'expression pittoresque d'un vieux gazier que nous avons connu. Et en effet, pourvu qu'on maintienne à l'incandescence dans une cuve de forme quelconque, ronde, conique, carrée ou rectangulaire une épaisseur uniforme de combustible de 70 cm environ et qu'on fasse passer dans cette colonne, soit par aspiration, soit par refoulement, ce qui est équivalent, un courant d'air, on ne pourra pas ne pas obtenir de gaz à la sortie de l'appareil.

Avec un gazogène aussi rudimentaire que celui que nous venons de définir, le gaz sera plus ou moins régulier de composition, l'alimentation en combustible de la cuve et l'enlèvement des scories seront plus ou moins faciles, mais on aura toujours du gaz combustible.

Examinons tout d'abord la nature des gaz produits par les gazogènes.

Les combustibles qu'on peut employer pour l'alimentation des gazogènes sont de deux sortes : ou ils contiennent des hydrocarbures volatils ou ils n'en contiennent pas.

S'ils contiennent des matières volatiles, celles-ci distillent d'abord et se mélangent purement et simplement aux gaz produits. Après distillation le combustible se trouve réduit en une espèce de coke, agglomérable ou non, qui seul contribuera à la fabrication du *gaz pauvre*, suivant l'expression consacrée en France.

Quand il s'agit d'application à la production de la force motrice et qu'on se sert de combustible contenant des matières volatiles condensables, on cherche à faire repasser dans la colonne incandescente des gazogènes tous les produits de distillation de façon à les transformer en gaz fixes. De cette manière de faire, il peut résulter des réactions spéciales, mais il n'est pas moins vrai que, même dans ce cas, c'est la partie cokifiée des combustibles qui donnera naissance au gaz pauvre proprement dit.

Notre remarque nous amène à conclure que pour étudier les réactions qui donnent naissance au gaz pauvre, il suffit de supposer que le combustible employé est du coke pur ou du charbon de bois pur. Les cendres et les scories ne font évidemment que traverser ces appareils sans participer à aucune des réactions utiles à la formation du gaz.

Nous verrons par ce qui va suivre que cette hypothèse est parfaitement justifiée.

Quand on fait passer un courant d'air à travers la cuve d'un gazogène bien en feu, il se produit toujours un gaz dont l'élément combustible principal est de l'oxyde de carbone. Ce gaz se trouve naturellement appauvri par tout l'azote de l'air qui a servi à sa fabrication.

En somme, par ce moyen, tout se passe comme si on brûlait du charbon en CO au lieu de le brûler en CO^2. En réalité l'opération se fait en deux temps : en présence d'un excès d'oxygène il se forme d'abord de l'acide carbonique dans le bas de l'appareil, mais ce gaz est ensuite décomposé en oxyde de carbone lorsqu'il ne rencontre plus que du carbone porté au rouge. Or, cette combustion incomplète dégage par kg de carbone consommé, 2400 calories. Une combustion complète en CO^2 donnant 8080 calories, la fabrication de l'oxyde de carbone occasionne donc une perte d'environ 30 0/0 des calories contenues dans le combustible.

On voit qu'en opérant aussi simplement, le rendement d'un gazogène au coke ou au charbon de bois se trouverait forcément limité à 70 0/0 au maximum.

Lorsque le gaz produit doit servir, comme c'est le cas en métallurgie ou en verrerie, à des chauffages immédiats, la remarque n'a aucune importance, car toute la chaleur produite se retrouve dans le gaz et, par conséquent, il n'y a pas à proprement parler alors de pertes de chaleur. Mais quand il s'agit

d'alimenter des moteurs, comme le gaz doit être employé froid, il y a intérêt à récupérer le plus possible des 30 0/0 de la chaleur dégagée par la formation de l'oxyde de carbone.

Il n'est d'ailleurs pratiquement pas possible de faire marcher un gazogène sans aucune récupération, non pour la récupération en elle-même, mais parce que la température de l'appareil deviendrait beaucoup trop élevée, tant au point de vue de la conservation des réfractaires que de la conduite du feu; mais il est remarquable de constater que les moyens qu'on peut employer pour abaisser la température de la colonne de combustible d'un gazogène amènent tous une récupération.

Pratiquement, on a recours dans ce but à la décomposition d'une certaine quantité de vapeur d'eau qui absorbe proportionnellement à son poids une grande quantité de chaleur en donnant naissance à de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et quelquefois de l'acide carbonique.

Tout autre corps susceptible de réduction par absorption de chaleur dans un but quelconque pourrait également être employé. L'acide carbonique donnerait à ce point de vue d'excellents résultats, si ce gaz ne coûtait relativement pas si cher à isoler. Les oxydes de fer mélangés aux combustibles permettent d'obtenir le même résultat en produisant de la fonte, on voit par là qu'un haut fourneau n'est qu'un gazogène particulier.

Enfin, quand on se sert de charbon bitumineux pour l'alimentation d'un gazogène, la température de la colonne de combustible se trouve déjà notablement abaissée par la chaleur absorbée par la distillation.

Les réactions fondamentales d'un gazogène au coke sont les suivantes :

$$C + O = CO,$$

$$C + 2O = CO^2,$$

et, si la décomposition de la vapeur d'eau H^2O intervient, on a, en outre :

$$H^2O = H^2 + O.$$

L'oxygène ainsi libéré sert soit à produire de l'oxyde de carbone CO, soit de l'acide carbonique CO^2, suivant des proportions variables avec les quantités de vapeur d'eau injectée.

Rappelons qu'un volume de carbone (C), supposé idéalement à

l'état de vapeur, donne avec un volume d'oxygène (O), deux volumes d'oxyde de carbone (CO).

D'autre part, un volume de carbone donne, avec deux volumes d'oxygène, deux volumes d'acide carbonique (CO^2).

Remarquons, qu'en conséquence, des volumes égaux de (CO) et de (CO^2) contiennent le même poids de carbone. Donc, 1 m^3 de de CO ou de CO^2 contient un demi-mètre cube de vapeur de carbone, dont le poids spécifique est 1,076 (1), et par conséquent $\frac{1,076}{2} = 538$ g de carbone. Ce nombre est à retenir.

Pour se rendre compte des phénomènes qui se passent dans un gazogène, on peut avoir recours à une relation dans laquelle on représente les proportions des différents gaz obtenus par des coefficients appropriés.

Une telle relation peut s'écrire soit en volume, soit en poids. Les auteurs donnent généralement la préférence à une relation en volume, mais nous préférons une relation en poids, parce que, avec des volumes, la nécessité de tenir compte des contractions des gaz après certaines combinaisons compliquent inutilement les raisonnements.

Pour fixer les idées, nous rapporterons tous nos résultats à la consommation de 1 kg de carbone et nous exprimerons en fractions de kilogramme les proportions de vapeur d'eau, d'oxygène et des différents gaz obtenus.

Le poids moléculaire (2) de l'hydrogène H^2 étant 2,
— du carbone C^2 étant 26,
— de l'oxygène O^2 étant 32,

les combinaisons indiquées plus haut donnent en poids :

$$12\,C + 16\,O = 28\,CO,$$

$$12\,C + 32\,O^2 = 44\,CO^2.$$

$$18\,H^2O = 2\,H^2 + 16\,O.$$

Les lettres ne figurent ici qu'à titre indicatif.

(1) On sait, en effet, que le poids moléculaire du carbone est 24, c'est-à-dire qu'on considérer, par la théorie atomique, que 24 g de C^2 représentent le poids de 22,32 l vapeur de ce corps, ces 22,32 l considérés étant le volume de 2 g d'hydrogène.

On a donc pour le poids spécifique de la vapeur de carbone : $\frac{24}{22,32} = 1,076$.

(2) La molécule est toujours supposée formée de deux atomes, d'où les désignations de H^2, C^2, O^2.

Appelons x et $(1 - x)$ les fractions de 1 kg de carbone qui doivent former respectivement CO et CO^2 et désignons par y le poids d'eau à décomposer. Par ces conventions, les égalités ci-dessus pourront s'écrire :

$$x(C) + \frac{4}{3}x(O) = \frac{7}{3}x(CO),$$

$$(1 - x)C + \frac{8}{3}(1 - x)O^2 = \frac{11}{3}(1 - x)(CO^2),$$

$$y(H^2O) = \frac{1}{9}y(H^2) + \frac{8}{9}(O).$$

Additionnant membre à membre et simplifiant, on a .

$$\text{(A)} \qquad 1\,(C) + \left[\frac{8}{3} - \frac{4}{3}x - \frac{8}{9}y\right](O) + y(H^2O)$$

$$= \frac{7}{3}x(CO) + \frac{1}{9}y(H^2 + \frac{11}{3}(1 - x)CO^2.$$

Dans cette relation, x et y restent indéterminés. Pratiquement, y peut dans une certaine mesure se choisir arbitrairement.

L'étude générale de tous les cas qui, théoriquement, peuvent se présenter ne saurait avoir qu'un intérêt très relatif (1). Dans les applications, en effet, les phénomènes ne présentent pas beaucoup d'élasticité.

Quelques cas particuliers sont pourtant intéressants à considérer, car ils fixent certaines limites qu'il est utile de connaître.

Premier Cas.

Le gaz produit ne contient ni acide carbonique, ni hydrogène, c'est-à-dire que dans les formules ci-dessus on a :

$$x = 1, \qquad y = 0.$$

(1) Ainsi que l'a fait remarquer très justement M. R. Soreau, lorsqu'il a résumé en un tableau graphique très simple et très clair les travaux de M. Sire de Villars sur la théorie des gazogènes (Bulletin de mai 1907, page 692, et d'octobre 1906, page 608).

La relation générale (A) devient alors :

$$1\,(C) + \frac{4}{3}(O) = \frac{7}{3}(CO).$$

Ce qui revient à dire qu'avec 1 kg de carbone et $\frac{4}{3}$ ou 1,333 kg d'oxygène on forme $\frac{7}{3}$ ou 2,333 kg d'oxyde de carbone.

Les poids spécifiques, ou poids du mètre cube mesuré à 0 degré et à la pression barométrique de 760 mm de mercure, étant de 1,251 pour l'oxyde de carbone et de 1,430 pour l'oxygène, on a pour les volumes des gaz produits :

$$\text{Oyde de carbone : } \frac{2,333}{1,251} = 1,860 \text{ m}^3.$$

$$\text{Oxygène : } \frac{1,333}{1,430} = 0,930 \text{ m}^3.$$

Ces résultats permettent de vérifier qu'un volume d'oxyde de carbone contient un demi-volume d'oxygène.

Mais, pour un gazogène, connaître la quantité d'oxygène qui doit y passer n'est pas suffisant, car cet oxygène ne peut être emprunté qu'à l'air atmosphérique et, par conséquent, l'azote de celui-ci va se retrouver tout entier dans le gaz produit.

Or, on sait que l'air atmosphérique se compose très sensiblement en volume de 21 0/0 d'oxygène et de 79 0/0 d'azote. En conséquence, pour savoir le volume d'azote qui passera dans le gaz d'un gazogène, il suffira de multiplier le cube connu d'oxygène nécessaire par $\frac{79}{21} = 3,76$.

De même, pour avoir la quantité d'air qui passe au gazogène, il faudra multiplier le volume d'oxygène à employer par $\frac{100}{21} = 5,75$.

Dans le cas qui nous occupe, le gaz produit se composera donc par kilogramme de carbone de :

Oxyde de carbone	1,860 m³
Azote : 0,930 × 3,76.	3,500 m³
TOTAL	5,360 m³

Le pouvoir calorifique de l'oxyde de carbone étant par mètre cube de 3 050 calories, le gaz refroidi ne pourra dégager en brûlant que $3050 \times 1{,}860 = 5680$ calories, pour 8 080 dépensées.

Nous retrouvons ainsi le rendement maximum de 70 0/0 que nous avions fait ressortir *a priori*.

Le pouvoir calorifique du gaz par mètre cube serait alors de :

$$\frac{5680}{5360} = 1060 \text{ calories.}$$

Quant à la quantité d'air d'insufflation, elle serait de :

$$4{,}75 \times 0{,}930 = 4{,}440 \text{ m}^3,$$

soit 0,830 m³ par mètre cube de gaz à produire.

On aurait ainsi un gaz contenant comme gaz combustible 34,8 0/0 d'oxyde de carbone et 65,2 0/0 d'azote.

Deuxième Cas.

Le gaz produit ne contient pas d'acide carbonique et il est complètement refroidi par décomposition de vapeur d'eau.

On a alors $x = 1$ et y reste à déterminer.

D'après ce que nous avons vu, les gaz produits dans un gazogène par la transformation de 1 kg de carbone tendent à emporter 2 400 calories.

Or, la dissociation de 1 kg d'eau absorbe 3 800 calories (1).

Il faudra donc dans le cas qui nous occupe $\frac{2400}{3800} = 0{,}632$ g d'eau pour arriver au rendement de 100 0/0 du gazogène. C'est le maximum du poids d'eau qui puisse être décomposé dans un gazogène sans production d'acide carbonique.

Le pouvoir calorifique du gaz au mètre cube serait alors de 1 775 calories, ce qui est aussi un maximum.

Ces limites sont intéressantes à retenir, mais sont naturellement impossibles à réaliser en pratique, puisqu'on ne peut penser à récupérer toute la chaleur des gaz produits sans arriver à l'extinction du gazogène.

(1) En effet, 1 kg d'eau contient 1/9 d'hydrogène dont le pouvoir calorifique est de 34 100 calories et, par conséquent, la dissociation de 1 kg d'eau doit absorber $\frac{34100}{9} = 3800$ calories.

TROISIÈME CAS.

Le gaz produit ne contient pas d'oxyde de carbone et la récupération est totale par décomposition de vapeur d'eau.

On a alors $y = 0$ et tout le carbone se transforme en acide carbonique dans l'appareil.

La récupération doit ici porter sur les 8 080 calories dégagées par kilogramme de carbone, ce qui exige la dissociation de $\frac{8080}{3800} = 2{,}125$ kg d'eau.

C'est encore un cas extrême tout aussi irréalisable que le précédent.

QUATRIÈME CAS.

Mais entre ces limites de non-récupération ou de récupération totale avec production unique, soit d'oxyde de carbone, soit d'acide carbonique, les cas les plus intéressants à considérer sont ceux pour lesquels on suppose que les gaz en sortant du gazogène ont conservé assez de chaleur pour que la colonne de combustible garde une température qui convient aux réactions dont elle est le siège.

Pratiquement, nous avons reconnu par des expériences souvent répétées qu'il fallait laisser dans le gaz par kilogramme de carbone consommé au moins 1 000 calories à leur sortie du gazogène.

Il ne faudrait pas croire que cette condition soit de nature à fixer définitivement la composition du gaz à produire : on ne fait ainsi que fixer le rendement du gazogène.

En réalité, malgré les conditions imposées, le gaz pourra contenir des propositions variables d'oxyde de carbone, d'acide carbonique et d'hydrogène suivant la quantité de vapeur injectée.

Au point de vue du rendement, notre hypothèse veut dire que sur les 8 080 calories que contient 1 kg de carbone dépensé, on pourra en retrouver 7 080 en brûlant les gaz produits.

C'est un rendement de $\frac{7\,080}{8\,080} = 0{,}876$.

On approche beaucoup de cette valeur en pratique, car les pertes par rayonnement dans un gazogène sont faibles. Il faut,

d'ailleurs, remarquer que ces sortes de pertes, lorsqu'elles ne sont pas exagérées, ne font que diminuer la chaleur emportée par le gaz, chaleur qui, en grande partie, n'est pas récupérable (1).

En restant dans les limites de récupération que nous venons d'indiquer, on peut encore produire un gaz ne contenant qu'une quantité négligeable d'acide carbonique.

Déterminons pour ce cas particulier, qui donne une excellente marche de gazogène dans la pratique, les caractéristiques de la production du gaz.

Par hypothèse, nous laissons 1 000 calories dans les gaz produits, il nous reste donc à absorber 1 400 calories par décomposition de vapeur sur les 2400 qui proviennent de la combustion de C en CO.

Cette condition nécessite l'emploi de $\frac{1\,400}{3\,800} = 369$ g d'eau.

Dans la relation (A) nous avons donc à faire :

$$x = 1 \qquad y = 390 \qquad \text{et on a :}$$

$$1(\mathrm{C}) + \left(\frac{4}{3} - \frac{8}{9}0,369\right)(\mathrm{O}) + 0,369(\mathrm{H^2O}) = \frac{7}{3}(\mathrm{CO}) + 0,410\,(\mathrm{CO^2}).$$

Le poids de l'oxygène emprunté à l'air, déduction faite de la proportion de l'oxygène qui provient de la décomposition de l'eau, est 4/3 — 8/9 . 0,369 = 1,014 kg.

Le volume équivalent est : $\frac{1,014}{1,430} = 0,710$ m³.

Le volume d'azote correspondant est : $0,710 \times 3,76 = 2,666$ et celui de l'air : $0,710 \times 4,76 = 3,380$.

Le volume d'oxyde de carbone produit est le même que dans les cas précédents, 1,860 m³.

Quant à l'hydrogène, son poids spécifique étant de 0,0895, son volume est $\frac{0,410}{0,0895} = 0,458$ m³.

Le volume de gaz produit par kilogramme de carbone est donc de :

$$2,666(\mathrm{Az}) + 1,860\,(\mathrm{CO}) + 0,458(\mathrm{H^2}) = 4,984 \text{ m}^3.$$

(1) Quand il s'agit d'application à la force motrice bien entendu.

On déduit de ce chiffre que le gaz doit avoir alors un pouvoir calorifique de $\frac{7080}{4,984} = 1\,420$ calories au mètre cube.

On voit que dans ce cas la proportion d'hydrogène dans le gaz atteint 9,2 0/0 et que le volume d'air d'insufflation doit être de $\frac{3,380}{4,984} = 0,678$ m³ par mètre cube de gaz produit.

La température des gaz à leur sortie des gazogènes peut se déterminer en supposant qu'il n'existe aucune perte de chaleur par rayonnement.

Si on appelle Q le nombre de calories emportées par les gaz, P le poids de ces gaz, C leur chaleur spécifique moyenne à pression constante, T leur température centigrade, on a :

$$Q = PCT,$$

d'où l'on tire :

$$T = \frac{Q}{PC}, \qquad [B]$$

Mais on peut écrire $P = Vd$, V étant le volume du gaz à 0 degré et 760 et d leur densité par rapport à l'eau.

L'expression [B] devient alors :

$$T = \frac{Q}{VdC},$$

mais il est remarquable de constater que pour tous les composants du gaz produit (dC) est une constante égale à 0,307 que nous désignons par Cv.

Finalement, on a pour la température des gaz :

$$T = \frac{Q}{VCv} = \frac{1\,000}{4,984 \times 0,307} = 660 \text{ degrés.}$$

Cinquième Cas.

Lorsque dans un gazogène on cherche à décomposer plus de 400 g environ d'eau par kilogramme de carbone, il se forme inévitablement de l'acide carbonique et la proportion d'hydrogène et d'oxyde de carbone contenus dans les gaz produits tend à se renverser. La proportion d'hydrogène va en croissant au fur et à mesure que la proportion d'oxyde de carbone décroît.

Considérons, par exemple, *le cas de la décomposition de 1 200 g d'eau par kilogramme de carbone, avec toujours la condition de laisser 1 000 calories dans les gaz produits.*

Dans la relation générale [A], c'est x qui devient alors l'inconnu.

Les 1 200 g d'eau décomposés absorberont $1\,200 \times 3\,800 = 4\,560$ calories qui devront se retrouver par la combustion de l'hydrogène produit. D'autre part, 1 kg d'oxyde de carbone en brûlant en CO^2 dégage 5 680 calories.

La proportion de carbone ayant servi à la formation de CO étant x, on a l'équation :

$$4\,560 + x\,5\,680 = 7\,080,$$

d'où :

$$x = \frac{2\,520}{5\,680} = 0{,}444,$$

et par cela même on a $1 - x = 0{,}556$ pour la proportion de carbone ayant servi à former de l'acide carbonique.

$$1(C) + \left(\frac{8}{3} - \frac{4}{3}0{,}444 - \frac{8}{9}1{,}2\right)(O) + 1{,}2(H^2O) = \frac{7}{3}0{,}444(CO)$$
$$+ \frac{1{,}2}{9}(H^2) + \frac{11}{3}0{,}556(CO^2),$$

ou en simplifiant :

$$1(C) + 1{,}006(O) + 1{,}2(H^2O) = 1{,}035(CO) + 0{,}133(H^2)$$
$$+ 2{,}020(CO^2),$$

ce qui donne par la considération des poids spécifiques le volume $\frac{1{,}006}{1{,}430} = 0{,}704$ m³ pour l'oxygène à emprunter à l'air atmosphérique dont le volume propre sera $0{,}714 \times 4{,}76 = 3{,}340$ m³.

Les volumes des gaz produits seront :

$0{,}704 \times 3{,}76$	$= 2{,}640$ m³ Az	ou	44,2 0/0	du total
$1{,}035 : 1{,}251$	$= 0{,}830$ m³ CO	ou	13,8	—
$0{,}133 : 0{,}0895$	$= 1{,}490$ m³ H^2	ou	24,9	—
$2{,}020 : 1{,}965$	$= 1{,}025$ m³ CO^2	ou	17,1	—
	Total. . .		100,0	

Le pouvoir calorifique du gaz est 7 080 : 5,985 = 1 182 calories. En réalité, dans ce cas, le gaz devient plus riche, car CO^2 est dissous en partie par l'eau de lavage et si on arrête le reste par un filtrage à travers de la chaux, la somme des volumes des gaz se réduit à 4,955 m^3 et leur pouvoir calorifique monte à 1 420 calories.

Sixième Cas.

A la limite, lorsque *laissant toujours 1 000 calories dans les gaz produits, on suppose que le carbone se transforme entièrement en* CO^2, on pourrait décomposer jusqu'à 1,860 kg d'eau par kilogramme de combustible en conservant toujours au gazogène le rendement de 87,5 0/0.

Dans ce cas, par absorption de l'acide carbonique, on aurait un gaz d'un pouvoir calorifique de 1 450 calories.

En pratique, même en faisant passer dans les gazogènes des quantités de vapeur bien supérieures à la limite que nous venons d'établir, on n'arrive jamais à supprimer totalement l'oxyde de carbone : c'est qu'une grande partie de la vapeur insufflée passe alors sans être décomposée à travers le gazogène en abaissant la température de la colonne de combustible. Dans ce cas, il se reforme en pure perte, dans les parties hautes de l'appareil, de l'acide carbonique et c'est là une cause d'abaissement notable de rendement des gazogènes à grande insufflation de vapeur.

Il n'y a donc aucun intérêt, contrairement à ce qu'on a cru longtemps, à forcer la proportion de vapeur dans l'air qui doit passer dans un gazogène. La vapeur en excès n'est à employer que dans des cas tout particuliers, comme par exemple dans le procédé Mond, qui consiste surtout à recueillir le plus possible de produits ammoniacaux, le gaz obtenu étant considéré comme un sous-produit. Le rendement d'un gazogène Mond tombe d'ailleurs facilement à moins de 60 0/0. En tant que gazogène, ce rendement n'est pas fameux, mais il faut remarquer qu'il est encore comparable à celui d'une bonne chaudière à vapeur en fonctionnement industriel.

Il y a une autre raison pour ne pas chercher à décomposer dans les gazogènes trop de vapeur d'eau : c'est qu'un excès de

vapeur donne un gaz à haute teneur en hydrogène; or, ce dernier gaz ne se comporte pas très bien dans les moteurs à cause de sa grande inflammabilité comparée à celle de l'oxyde de carbone.

L'hydrogène s'enflamme, en effet, à une température d'environ 550 degrés, et détone sèchement, à moins d'être très dilué dans un autre gaz, tandis que l'oxyde de carbone ne s'enflamme que vers 650 degrés et explose plus lentement, surtout lorsqu'il n'est pas pur. Il s'ensuit qu'avec des gaz où l'oxyde de carbone domine, on peut avoir recours pour les moteurs à de hautes compressions, ce qui est favorable à un bon rendement, tandis que, avec des gaz à haute teneur en hydrogène, il n'est pas prudent de dépasser une compression de 8 kg environ, lorsqu'on veut pousser un peu les machines.

Septième Cas.

Nous devons maintenant signaler que, par l'emploi de combustible bitumineux, un haut rendement peut être obtenu des gazogènes, sans avoir à décomposer beaucoup d'eau dans la cuve des gazogènes.

La distillation des produits volatils absorbent, en effet, une quantité de chaleur qui est loin d'être négligeable.

Lorsqu'on emploie dans les gazogènes un combustible à forte teneur en produits volatils, la chaleur absorbée par la distillation de ces produits pourra même procurer une récupération naturelle assez intense pour qu'une addition de vapeur d'eau d'insufflation ne soit plus du tout nécessaire.

Considérons, par exemple, une houille grasse contenant 30 0/0 en poids de matières volatiles : d'après des observations faites sur les fours à coke, on peut admettre que 1 kg d'un tel combustible absorbe environ 600 calories pour dégager ses produits volatils.

Or, après la distillation, il restera 700 g de coke qui, en produisant de l'oxyde de carbone, dégageront $0{,}700 \times 2400 = 1\,680$ calories qui formeront la partie de chaleur sur laquelle devra porter la récupération.

Comme la distillation peut absorber environ 600 calories, il ne restera dans les gaz comme chaleur non récupérée qu'un mil-

lier de calories, quantité, comme nous l'avons vu, nécessaire au maintien de la colonne de combustible à la température qui convient aux réactions dont elle doit être le siège.

En réalité, pour éviter la formation de mâchefers denses et durs et aussi pour protéger les grilles et les parois des foyers, on humidifie toujours un peu, même dans ces cas particuliers, l'air d'insufflation : il suffit, d'ailleurs, pour cela, de maintenir dans les cendriers une couche d'eau qui s'évapore lentement sous l'effet du rayonnement du foyer ou par l'extinction des escarbilles qui tombent de la grille.

Ainsi que nous le verrons plus loin, on s'efforce aujourd'hui de trouver des dispositions capables de transformer en gaz fixes tous les produits de distillation des houilles bitumineuses lorsque celles-ci sont employées pour la production d'un gaz pauvre destiné à l'alimentation de moteurs à gaz. On y arrive assez facilement, sauf pour un seul produit qui est resté jusqu'ici rebelle aux transformations. Ce produit est précisément le plus gênant pour l'emploi du gaz dans les moteurs : nous voulons parler du goudron.

Il n'existe pas encore à l'heure actuelle d'appareils d'épuration capables d'arrêter complètement cette matière. Avec les gazogènes de chauffage, le goudron n'offre aucun inconvénient, car il reste et brûle à l'état de vapeur. Par contre, pour des chauffages avec du gaz froid, le goudron doit être également arrêté, car il cause des obstructions.

Le gaz pauvre contient toujours aussi de l'ammoniaque qu'on arrête facilement par des lavages. Ce dernier gaz s'obtient en plus grande quantité par l'emploi de charbons gras, toujours plus riches en azote que les charbons maigres, mais ce qui favorise surtout sa formation, c'est un excès de vapeur d'eau dans l'air d'insufflation qui passe aux gazogènes. Dans les grandes installations, il y aurait intérêt à recueillir l'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque, dont la valeur marchande est importante.

Détermination du pouvoir calorifique maximum d'un mélange de gaz pauvre et d'air.

Au point de vue des applications, la détermination du pouvoir calorifique maximum d'un mélange tonnant est intéressant à connaître, parce qu'on en peut déduire le maximum de pression moyenne qu'on peut obtenir d'un diagramme.

Pour donner un exemple de calcul, nous partirons de l'analyse d'un gaz industriel obtenue au cours d'essais faits sur une de nos installations de force motrice de 1 000 ch indiqués, dont les gazogènes étaient alimentés de déchets de coke de qualité tout à fait inférieure.

Ces essais furent faits aux Ateliers de Construction du Thiriau (Belgique) par M. le Professeur Witz et M. Eugène François, Ingénieur-Expert à Bruxelles. Le combustible employé contenait 22,3 0/0 de cendres et il avait absorbé au moment de son emploi, par suite d'une exposition de plusieurs jours à la pluie, 18 0/0 d'eau. Ce coke se présentait en tout petits fragments friables et décrépitants. On tira néanmoins de ces résidus un gaz d'excellente qualité, ainsi que le montrent les résultats d'analyse ci-après :

Éléments.	Composition en centièmes.	Composition en litres.
Acide carbonique	traces	»
Oxygène et azote	65,10	651
Oxyde de carbone	29,50	295
Méthane	1,70	17
Hydrogène.	3,70	37
	100 »	100

Le pouvoir calorifique de ce gaz au mètre cube fut trouvé de 1 196 calories par M. Witz, à l'aide de sa bombe. M. François trouva par le calcul 1 170, chiffres très concordants puisqu'ils ne diffèrent que de 2,2 0/0.

Ce gaz à faible teneur en hydrogène convient particulièrement bien pour l'alimentation des moteurs. Un pouvoir de 1 200 calories au mètre cube est d'ailleurs une bonne valeur moyenne pour un gaz pauvre.

Nous ferons remarquer en passant que, si on considère que le méthane contenu dans ce gaz n'a pu être amené que par la distillation d'une faible proportion de matières volatiles restées dans le coke employé, la proportion des autres éléments trouvés correspond avec une exactitude quasi absolue au calcul de la composition d'un gaz pauvre, d'après les formules générales que nous avons données lorsqu'on suppose ne décomposer par kilogramme de carbone consommé que 180 g d'eau.

Pour calculer le volume d'air nécessaire à la combustion, rappelons que :

1/2 volume d'O donne, avec 1 volume de CO, 1 volume de CO^2;
2 — — CH^4 { 1 volume de CO^2, 2 volumes de H^2O;
1/2 — — H^2, 1 volume de H^2O.

Par conséquent, on a :

	Oxygène.	CO^2.	H^2O.
	—	—	—
Pour 295 litres CO. .	147,5	295	»
— 17 — CH^4 .	34	17	34
— 37 — H^2. .	18,5	»	37
349	250 »	312	71

Le volume initial, qui était de 349 + 250 = 599 l, se réduit donc par contraction et après combustion à 312 + 71 = 383 l.

Ceci montre qu'avec des gaz purs la contraction après combustion atteindrait 36 0/0 (1). Ce n'est donc pas une solution à chercher.

250 l d'oxygène correspondent à l'emploi de 0,250 × 4,76 = 1,19 m³ d'air, contenant 0,250 × 3,76 = 0,942 d'azote.

Le mélange de 1 m³ de gaz avec 1,19 m³ d'air, soit 2,19 m³, ne peut dégager en brûlant que 1 196 calories contenues dans le gaz, soit par mètre cube de mélange tonnant :

$$\frac{1\,196}{2{,}19} = 547 \text{ calories.}$$

(1) Une contraction après combustion équivaut dans un moteur à une fuite proportionnelle de calories. Tout se passe, en effet, comme si les gaz, après être montés à leur maximum de pression, se refroidissaient d'une quantité proportionnelle à la contraction subie par le mélange.

Ce chiffre est pratiquement trop fort pour diverses raisons :

Il ne tient d'abord pas compte de la dilution résultant du mélange des gaz frais avec les gaz résiduaires qui demeurent dans les chambres de compression.

Avec le gaz considéré, on peut pousser les compressions sans aucun inconvénient à 12 kg ou 13 atmosphères. Dans ce cas, le volume d'une chambre de compression est le septième environ du volume total du cylindre. Mais le calcul montre que les gaz résiduaires, encore à haute température quand l'échappement se termine, ne comptent finalement dans le mélange à fin d'admission que pour la moitié de leur volume, à cause de la contraction qu'ils subissent au contact des gaz frais. C'est-à-dire que si le volume total d'un cylindre est représenté par 7, tout se passe comme si celui des gaz résiduaires était 0,5 et celui des gaz frais 6,5, à température égale.

Par conséquent, le pouvoir calorifique calculé ci-dessus doit être réduit dans la proportion de 7 à 6,5, soit de 7,15 0/0.

Il y a lieu aussi de tenir compte de la réduction causée par la contraction de gaz après combustion.

Calculons cette contraction :

Le volume, après combustion, se compose de :

	383	l de CO^2 et H^2O,
	942	l de gaz inertes du gaz.
	651	l de gaz inertes de l'air comburant.
TOTAL . .	1 976	

Alors que le volume du gaz était de 2 190 l avant combustion. La combustion amène donc une contraction de 9,78 0/0.

D'autre part, le mélange gazeux n'est pas introduit à 0 degré centigrade ou 273 degrés absolus et s'échauffe d'ailleurs au contact des parois intérieures des cylindres. On reste plutôt au-dessous de la vérité en supposant qu'à fin d'aspiration le mélange frais introduit dans un cylindre de moteur est à 300 degrés absolus ou 27 degrés centigrades. C'est pour la quantité de mélange introduit une nouvelle réduction de 9 0/0.

Il résulte de ce qui précède que le maximum du pouvoir calorifique au mètre cube du mélange considéré est de :

$$547 \times 92{,}85 \times 90{,}22 \times 0{,}91 = 416 \text{ calories.}$$

Ce mélange, dans un moteur ayant un rendement thermique de 35 0/0, permet un maximum de pression moyenne de :

$$\frac{416 \times 425^{(1)}}{10\,000} \times 0{,}35 = 6{,}2 \text{ atm ou } 6{,}41 \text{ kg,}$$

Lorsqu'on ne décompose dans les gazogènes que 200 à 500 g d'eau par kilogramme de charbon pur consommé, le gaz produit contient de 25 à 30 0/0 d'oxyde de carbone, de 4 à 10 0/0 d'hydrogène et peu ou pas d'acide carbonique : c'est le cas des gazogènes, dont la chaleur propre sert à produire la vapeur de dissociation. Dans cette catégorie rentrent les gazogènes à pulvérisation d'eau ou à foyer noyé, les gazogènes avec chaudière à basse pression entourant la grille ou le sommet du gazogène ou encore le conduit de sortie du gaz.

Nous pouvons dire de suite que ces appareils sont ceux qui donnent les gaz de la composition la plus convenable pour l'emploi dans les moteurs. Ce sont également ceux qui donnent les plus hauts rendements. D'autre part, un gaz qui ne contient pas plus de 10 0/0 d'hydrogène peut subir sans inconvénient une compression élevée dans les cylindres des machines, ce qui est encore un avantage pour l'ensemble d'une installation de force motrice à gaz pauvre.

Si, au contraire, en produisant de la vapeur à part, on en fait passer une quantité assez grande en mélange avec l'air dans les gazogènes pour qu'une partie de cette vapeur passe sans être décomposée, on remarque immédiatement une inversion dans les proportions d'oxyde de carbone et d'hydrogène contenus dans les gaz.

On obtient alors de 18 à 26 0/0 d'hydrogène et 8 à 18 0/0 d'oxyde de carbone; par contre, dans ce cas, la proportion d'acide carbonique produit atteint quelquefois 16 0/0.

Les gazogènes soumis à ce régime ont toujours des rendements thermiques inférieurs à ceux dont nous parlions plus haut. Ces rendements ne sont pourtant pas, en général, inférieurs à 60 0/0,

(1) 425 étant l'équivalent mécanique de la chaleur.

ce qui, nous le savons, est encore un beau résultat par comparaison avec le rendement des chaudières à vapeur.

A aucun point de vue, du reste, un gaz à haute teneur en hydrogène ne présente d'avantages sur ceux qui en contiennent peu, et pour l'alimentation des moteurs leur emploi est plutôt défavorable, non seulement parce que l'hydrogène donne trop facilement, ainsi que nous l'avons démontré, des détonations brisantes qui excluent l'emploi de compressions élevées, mais encore parce que le produit de la combustion de l'hydrogène étant de la vapeur d'eau non condensable dans les moteurs, la chaleur latente de vaporisation de cette eau est forcément perdue à l'échappement : cette perte revient à diminuer d'autant le pouvoir calorifique du gaz au point de vue de son utilisation (1).

Lorsque les combustibles employés sont sulfureux, ainsi qu'il arrive le plus souvent, le gaz de gazogène contient de petites proportions d'hydrogène sulfuré ou de sulfhydrate d'ammoniaque. Ces produits donnent au gaz une odeur caractéristique et désagréable qui permet de déceler facilement les fuites.

L'hydrogène sulfuré en brûlant donne de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux dont le mélange attaque surtout le bronze et un peu le fer et l'acier. La fonte reste presque insensible à l'action de ce gaz et comme les cylindres et les pistons des moteurs sont en général en fonte, il n'est pas indispensable de chercher à se débarrasser des produits sulfureux dont le seul inconvénient qui demeure est de piquer un peu les soupapes et les tuyaux d'échappement en tôle.

Lorsque ces produits sont relativement abondants ou lorsqu'il y a un intérêt spécial à les enlever, on fait passer le gaz dans des caisses à sciure, tout à fait semblables à celles qui sont employées pour l'épuration du gaz d'éclairage.

Nous reviendrons sur ce sujet lorsque nous nous occuperons de l'épuration pratique des gaz.

(1) Cette dernière considération a conduit les constructeurs allemands à ne jamais donner, quand ils parlent de consommation, que le pouvoir calorifique *inférieur* des gaz employés, c'est-à-dire le pouvoir, déduction faite de la chaleur latente contenue dans la vapeur d'eau fournie par la combustion. Cette manière de faire fait paraître le rendement des moteurs plus élevés et cela d'autant plus que les appareils calorimétriques ordinairement employés pour la détermination du pouvoir inférieur donnent toujours des combustions incomplètes.

En réalité, pour ne tromper personne, on devrait déterminer, pour des essais, à la fois le pouvoir inférieur et le pouvoir supérieur des gaz, ce dernier pouvoir étant déterminé à la bombe, comme le fait M. A. Witz. Dans tous les cas, la détermination des gaz calculés d'après l'analyse, est plus exacte que l'emploi des calorimètres à combustion.

Étude des gazogènes proprement dits.

C'est par l'observation du fonctionnement des hauts fourneaux qu'on fut amené à rechercher la gazéification totale des combustibles. Il est vrai que les hauts fourneaux sont de véritables gazogènes en raison même de la couche épaisse de combustible maintenue à l'incandescence qu'ils doivent contenir.

La seule chose qui différencie un haut fourneau d'un gazogène, c'est que dans le premier appareil on recherche la plus haute température possible et, par conséquent, on n'y souffle que de l'air sec, tandis que dans le second, soit par humidification de l'air, soit par d'autres moyens, on s'efforce de limiter sa température par une récupération.

Le premier gazogène qui fonctionna industriellement fut celui de Bischof en 1839.

Fait remarquable et qui étonnera bien des Ingénieurs qui ont été aux prises avec les difficultés que présentent certains gazogènes modernes, l'inventeur n'avait en vue en construisant son appareil que l'utilisation de combustibles bitumineux de faible valeur.

Le premier gazogène de Bischof fut alimenté de tourbes et on peut remarquer que cet appareil (*fig. 1*) ne diffère pas beaucoup de certains générateurs à gaz encore en usage.

Ce gazogène porte à la partie inférieure une grille légèrement inclinée et à la partie supérieure se trouve un chargeur; il fonctionne par « aspiration » sous l'influence du tirage d'une cheminée.

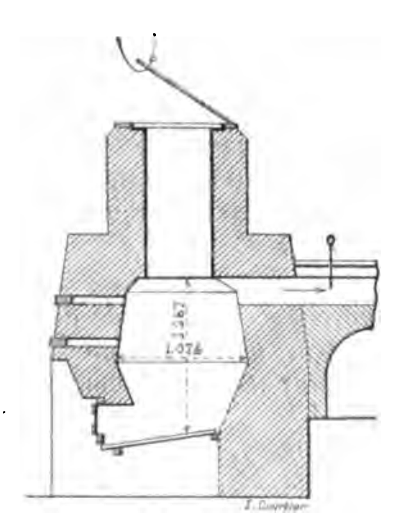


Fig. 1. — Gazogène de Bischof (1839).

Les gaz produits servaient pour le chauffage d'un four à souder. Comme la tourbe employée était très humide, Bischof pensa même à sécher cette matière aux dépens des chaleurs perdues.

En 1842, en Styrie, on installa des gazogènes à lignites. Comme le combustible employé était très menu, on dut souffler ces appareils mécaniquement, le tirage d'une cheminée ayant été trouvé insuffisant.

Bientôt après on employa le bois comme combustible dans les gazogènes, mais l'usage de la houille ne vint que plus tard, car on continuait à considérer après Bischoff que le principal avantage d'un gazogène devait être de pouvoir utiliser des combustibles peu coûteux.

L'application des gazogènes à des chauffages industriels se développa surtout après que les frère Siemens, en 1860, eurent trouvé leur système si efficace de chauffage de l'air carburant des brûleurs par le moyen de la chaleur perdue des gaz brûlés.

On s'aperçut alors que le gaz seul permettait d'atteindre aux hautes températures recherchées en métallurgie et, dès lors, on employa la houille dans les gazogènes, parce qu'on obtenait ainsi un meilleur résultat que par une combustion directe.

Bien qu'on connût depuis longtemps les réactions qui interviennent lorsqu'on fait passer de la vapeur d'eau sur du charbon porté au rouge, ce n'est que vers 1845 que Bischoff reconnut qu'il y avait avantage à faire passer dans les gazogènes de l'air humidifié.

Cette remarque fut d'ailleurs due au hasard. Ayant fait placer sous la grille de son gazogène une cuvette d'eau pour éteindre les escarbilles qui y tombaient et dont le rayonnement nuisait à la conservation des grilles et gênait le service, il se forma une certaine quantité de vapeur qui humidifia l'air aspiré à travers le gazogène.

Bischof constata que les gaz produits s'enrichissaient en hydrogène et en oxyde de carbone, mais il observa également que pour garder un bon rendement à l'appareil, il ne fallait pas exagérer les proportions de vapeur mélangée à l'air d'insufflation.

D'ailleurs, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, quand il s'agit de chauffage il n'y a pas lieu de chercher à opérer une récupération dans le gazogène lui-même. Il est bien préférable dans ce cas, puisque le but est d'obtenir une haute température, de recueillir le gaz le plus chaud possible. L'emploi de la vapeur doit alors se limiter à une commodité de conduite simplement.

Bien que dès 1862 le professeur Arbos, de Barcelone, ait tenté d'alimenter un moteur à gaz à l'aide d'un gazogène, ce n'est que vers 1878 que le procédé devient industriel.

C'est l'Ingénieur Dowson qui, le premier, fit un gazogène capable d'alimenter régulièrement un moteur à gaz. Les gazogènes Dowson marchaient à l'anthracite et fonctionnaient sous pression. Dans ces appareils, l'air d'insufflation était entraîné dans le gazogène par un injecteur dont la vapeur était fournie par une petite chaudière.

Les gaz produits passaient dans différents laveurs ou épurateurs puis étaient emmagasinés dans un gazomètre.

Les résultats furent très encourageants, mais on remarqua immédiatement que si on n'employait pas de charbon très pur, à très faible teneur en cendres et en matières volatiles, plus rien ne marchait.

Si, en effet, le combustible contenait quelques produits de distillation, ceux-ci donnaient toujours naissance à des goudrons qu'on ne pouvait pas arrêter. Or, le goudron est l'ennemi du moteur à gaz : ce produit encrasse les soupapes et les cylindres et cause rapidement des allumages intempestifs qui empêchent tout fonctionnement régulier et peuvent même occasionner des ruptures de pièces.

Si d'un autre côté le combustible employé contenait plus de 2 à 3 0/0 de cendres, il se formait des scories qui modifiaient naturellement la perméabilité de la colonne du combustible du gazogène et gênaient, par conséquent, le soufflage de l'air.

Un soufflage par injecteur à vapeur n'est capable de fonctionner convenablement comme souffleur d'air que pour des pressions de quelques centimètres d'eau. Lorsqu'on veut élever la pression de l'air, on ne peut qu'augmenter la pression de la vapeur, mais alors le débit de vapeur croît au détriment du débit d'air et on arrive bientôt à envoyer au gazogène un grand excès de vapeur.

Les proportions d'air et de vapeur insufflés variant, le gaz naturellement varie également de composition, mais là n'est pas le seul inconvénient : l'excès de vapeur refroidit le foyer, le feu monte dans la cuve du gazogène et les scories, se refroidissant plus tôt s'accrochent aux parois de la cuve d'où l'on ne peut plus les déloger.

Ces inconvénients étaient si graves que les constructeurs du gazogène Dowson durent avoir des accords spéciaux avec cer-

taines Sociétés houillères pour qu'il ne soit fourni à leurs clients que des anthracites soigneusement vérifiés avant livraison.

Ce fut un grave obstacle au développement des moteurs à gaz pauvre. Nombreux sont encore aujourd'hui, d'ailleurs, les gazogènes qui ne peuvent marcher qu'avec des charbons spéciaux.

Sur le Continent où l'on trouve plus difficilement un combustible de choix, même par importation, les difficultés furent encore plus grandes qu'en Angleterre et les installations de force motrice avec gazogène Dowson furent peu nombreuses. On essaya bien d'utiliser des charbons français, mais sans grand succès.

D'ailleurs l'économie du système se trouvait entravée par la nécessité de l'emploi d'une petite chaudière dont le rendement propre était déplorable. Nous avons vu de ces installations où la petite chaudière consommait à elle seule plus de 30 0/0 de la consommation totale du gazogène.

Pour s'affranchir des difficultés causées par les injecteurs de vapeur, M. Lencauchez, vers 1886, revint aux procédés appliqués avec succès à certains gazogènes métallurgiques et il construisit des gazogènes soufflés par ventilateurs. Comme système de ventilateurs, il donna la préférence aux ventilateurs Root qui sont des sortes de pompes rotatives dont le débit varie peu avec l'augmentation de pression, du moins quand ils sont bien construits. De cette façon on se trouvait déjà à l'abri des ennuis causés par les pertes de charge variables des cuves des gazogènes.

Le gazogène Lencauchez se composait d'une cuve verticale légèrement rétrécie à l'endroit du foyer, avec grille inférieure horizontale et grille latérale inclinée pour faciliter le nettoyage du feu. Le foyer était fermé par une porte étanche au-dessus de laquelle arrivait le vent du ventilateur.

Pour l'humidification de l'air injecté, le cendrier était constitué par une sorte de cuvette toujours remplie d'eau. Cette eau s'évaporant sous l'influence du rayonnement du foyer se mélangeait à l'air introduit.

Pour la protection de la grille de décrassage, le barreau le plus élevé de cette grille était fait en forme d'U et recevait un léger courant d'eau qui tombait ensuite dans la cuvette du cendrier. Le niveau de celle-ci était maintenu constant par un trop-plein en communication avec un siphon d'évacuation.

Cette disposition avait l'inconvénient de produire des variations dans la composition du gaz et rendait les décrassages extrêmement pénibles. Voici pourquoi :

Tant que le foyer se maintenait bien incandescent à l'endroit des grilles, l'eau du condrier s'évaporait en abondance; mais bientôt, sous l'action d'un excès de vapeur, le feu se couvrait dans le bas et montait au-dessus de la porte. Alors la vaporisation cessait, le gaz s'appauvrissait et, suivant un phénomène bien connu, les scories devenaient lourdes et dures et causaient de véritables enrochements très difficiles à enlever.

Dans ces appareils, les gaz produits se dégageaient par un orifice supérieur latéral, séparé par une murette attenant à la voûte, du chargeur. Afin de pouvoir alimenter le gazogène en marche, celui-ci était constitué par une trémie à double fermeture du genre de celle employée dans le même but sur les hauts fourneaux et qui comprend une fermeture intérieure par cône, manœuvrable de l'extérieur par un levier, et un couvercle qu'on ne déplace que lorsque le cône est sur son siège afin d'éviter toute fuite pendant le chargement.

Ce système de trémie est toujours très employé.

Le barrage entre l'alimentateur et le départ des gaz avait pour but, dans le gazogène Lencauchez, de forcer les produits de distillation, s'il y en avait dans le combustible, à ne pouvoir atteindre la sortie de l'appareil qu'après avoir passé dans le combustible incandescent. On pouvait espérer ainsi transformer en gaz fixes les produits condensables. Ce moyen fut souvent employé, mais pratiquement en ce qui concerne la transformation des goudrons en gaz, il ne donna jamais de résultats suffisants.

Ces gazogènes, cependant, marquèrent un progrès sensible sur les gazogènes à injecteur à vapeur, car ils permirent l'emploi de certains charbons français qu'il fallait bien choisir néanmoins.

Dès 1889, malgré un prix toujours relativement élevé de combustible, les rendements des gazogènes et des moteurs à gaz étaient déjà assez élevés pour concurrencer victorieusement la machine à vapour, au moins pour les petites forces.

Malheureusement, à cette époque, les moteurs à gaz pauvre laissaient encore beaucoup à désirer et les applications furent relativement assez restreintes en raison de certaines insécurités de marche.

En 1894, après des essais pratiques de tous les systèmes de gazogènes existants, nous eûmes l'idée, pour être à l'abri des variations de composition de gaz, de faire un gazogène à pulvérisation d'eau dans l'air d'insufflation *(fig. 2)*.

Comme particularité, ce gazogène possédait une sole incurvée renvoyant le combustible vers la grille complètement verticale, derrière laquelle se trouvait une porte de décrassage dont le cadre portait la tubulure d'arrivée de vent. L'air de la soufflerie, avant d'arriver au foyer devait traverser un serpentin noyé dans un bain de sable formant fourrure entre la garniture réfractaire et l'enveloppe extérieure en tôle du gazogène. Dans son trajet, le vent soufflé recevait un filet d'eau qui se pulvérisait et se volatilisait en partie en passant dans le serpentin chauffé par les parois du gazogène.

Avec ce genre de gazogène, on put avec avantage employer la plupart des charbons maigres français.

Suivant nos prévisions la pulvérisation donna bien une humidification de l'air suffisamment constante pour les besoins de la pratique, ce qui se vérifia par la grande régularité de la composition du gaz produit.

Jusque-là, l'emploi des gazomètres avait été jugé absolument indispensable, précisément pour parer aux irrégularités de composition du gaz. On avait établi empiriquement que pour une installation donnée il fallait donner au gazomètre une capacité en mètres cubes égale au nombre de chevaux du moteur à alimenter, c'est-à-dire qu'il devait avoir un volume égal au tiers environ de la production du gazogène pendant une heure.

Avec notre système d'humidification de l'air soufflé, nous pûmes de suite réduire considérablement la capacité des gazomètres, sans aucun inconvénient. Dans ce cas, le gazomètre ne joue évidemment plus le rôle d'accumulateur ni de mélangeur. Ce n'est plus qu'un gros régulateur de pression. D'ailleurs, dans nos installations, l'emploi de cet appareil a surtout pour but de régler par ses mouvements la soufflerie du gazogène. Ce réglage consiste simplement soit à obturer en partie l'aspiration ou le refoulement du ventilateur, soit à perdre une partie de l'air lorsque le moteur n'absorbe pas toute la production du gazogène.

Un autre avantage du système de pulvérisation, c'est que le chauffeur peut régler à volonté le degré d'humidité de l'air

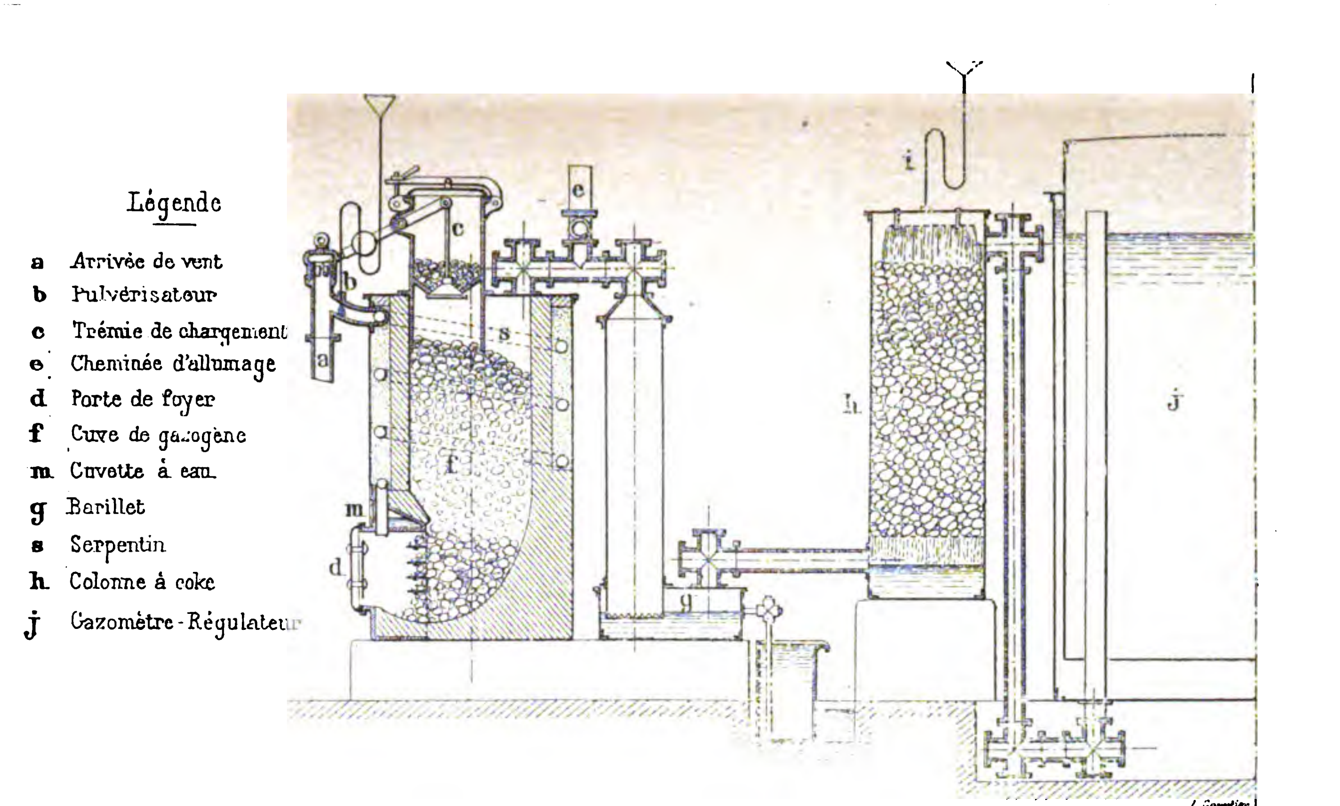


Fig. 2. — Premier gazogène à pulvérisation (Letombe).

soufflé. Il ne faudrait pas croire que pour ce réglage le chauffeur ait à faire des observations difficiles ou à se livrer à des mesures compliquées : il est amené à faire le nécessaire tout simplement pour s'éviter un travail pénible. En effet, lorsque l'air soufflé est trop sec, ainsi que nous l'avons déjà signalé, les scories deviennent extrêmement lourdes et dures : elles tendent à se souder aux parois réfractaires d'où on ne peut les arracher qu'à coups de pique et de marteau à-devant. Si, au contraire, l'humidification de l'air est convenable, la scorie ne va pas jusqu'à tomber en poussière, ainsi qu'il est dit dans certains ouvrages spéciaux (1), mais elle s'agglomère en une masse spongieuse de faible densité qui, après refroidissement, se brise sous le moindre choc. On conçoit que les décrassages de foyer, dans ces conditions, doivent se faire avec une grande facilité.

Une scorie légère et friable, appelée en verrerie « scorie pourrie », est l'indice le plus certain de la bonne conduite d'un gazogène en même temps que la preuve d'un rendement thermique élevé. Or, comme lorsque la scorie est friable le décrassage du foyer d'un gazogène se fait beaucoup plus facilement, on comprend que le chauffeur n'aura garde d'oublier de régler comme il convient le débit de ses pulvérisateurs.

Bénier, dans le but de réduire au minimum l'encombrement des installations à gaz pauvre, supprima radicalement le gazomètre et fit un moteur aspirant directement dans le gazogène, d'où le nom de « gazogène par aspiration » qui fut donné à ce genre d'appareil. Mais en réalité, un gazogène « par aspiration » n'est pas, ainsi que pourrait le laisser croire certains articles de revues techniques, un appareil particulier se différenciant essentiellement des gazogènes soufflés. Faire fonctionner un gazogène par l'aspiration directe d'un moteur, ce n'est qu'un moyen particulier de lui fournir l'air nécessaire à son fonctionnement, mais le procédé peut être employé avec n'importe quel système de gazogène. A degré égal d'humidité de l'air, un gazogène, qu'il marche par aspiration ou qu'il soit soufflé, produit dans les deux cas identiquement le même gaz.

Bénier avait cru nécessaire, pour vaincre les pertes de charge de son gazogène, de recourir à l'emploi d'une pompe à piston

(1) Nous ne savons ce qui a pu donner naissance à cette légende des scories qui tombent en poussière sous l'action de la vapeur d'eau. Ce fait ne se produit jamais. Lorsque les cendres ne s'agglomèrent pas, cela tient uniquement à leur nature.

spéciale. Cette idée l'amena naturellement à faire un moteur à deux temps, afin de pouvoir utiliser mieux le travail de la pompe. Ce souci du « mieux » perdit l'ingénieux inventeur, car ses moteurs à deux temps furent d'un fonctionnement industriel incertain. Après avoir eu subitement une vogue considérable, le système dut être complètement abandonné.

Ce qui acheva de ruiner l'inventeur, ce fut l'exhumation du brevet Arbos, de 1862, qui donnait le principe du fonctionnement d'un gazogène par l'aspiration directe d'un moteur. Bénier ne connaissait probablement pas cette antériorité et nous devons rendre hommage à la mémoire de ce précurseur malheureux, dont les recherches ne profitèrent qu'à d'autres.

Bénier établit différents types de gazogène, dans lesquels on retrouve toutes les dispositions qui ont été adoptées depuis pour les gazogènes par aspiration.

Son premier appareil se composait d'une cuve cylindrique à grille horizontale, surmontée d'un chargeur pénétrant profondément dans le gazogène. Ce chargeur était à enveloppe d'eau et formait ainsi chaudière à basse pression pour l'humidification de l'air d'aspiration.

L'introduction du combustible dans le gazogène se faisait par une trémie à double fermeture dont la fermeture intérieure était constituée par un tiroir plat oscillant au lieu d'être un cône. Avec un tel tiroir on peut remplir plus complètement le chargeur du gazogène, mais dans les conditions où il doit fonctionner, son étanchéité est bien difficile à obtenir. Or, dans un gazogène par aspiration, les rentrées d'air sont assez dangereuses, parce qu'elles peuvent donner lieu à la formation du mélange tonnant dont la déflagration peut causer des ruptures de tuyauteries.

Bénier abandonnant ensuite la chaudière à basse pression supérieure fit un autre gazogène dont la grille était constituée par un cylindre creux à ailettes perpendiculaires à son axe. A l'aide d'une clef à levier, on pouvait de l'extérieur faire tourner ce cylindre sur lui-même; on espérait ainsi que les ailettes de ce cylindre pourraient couper les scories et les faire tomber dans le cendrier. Dans l'intérieur de la grille cylindrique était maintenu un niveau constant d'eau. Sous l'influence du rayonnement du foyer, ce cylindre fonctionnait comme une chaudière à basse pression. La vapeur produite était amenée par une tuyère dans une petite cloche communiquant, d'une part, à l'air libre et,

d'autre part, avec la conduite d'aspiration du gazogène. On conçoit que par ce moyen, plus l'aspiration du gazogène était grande et plus il y avait de vapeur fournie par la grille-cylindre. Il se faisait donc ainsi une espèce d'auto-régulation de l'humidification de l'air nécessaire au fonctionnement du gazogène. On pouvait d'ailleurs étrangler plus ou moins par un tiroir la communication de la petite cloche avec l'air libre, de façon à diminuer ou à augmenter l'aspiration de vapeur. S'il y avait de la vapeur en excès, celle-ci se dégageait à l'air libre dans l'intervalle des aspirations du moteur.

En réalité, ce dispositif ingénieux ne donnait satisfaction qu'avec des combustibles de premier choix, ne contenant que des quantités infimes de cendres, car d'abord s'il se formait des scories, celles-ci empâtaient les ailettes de la grille-cylindre au point de l'immobiliser et le décrassage du foyer devenait impossible. D'autre part, les scories en couvrant le feu empêchait la vaporisation de l'eau : dès lors l'humidification de l'air changeait et par conséquent la composition du gaz. Enfin, les pertes de charges du gazogène augmentant, le moteur aspirait son gaz de plus en plus difficilement, ce qui amenait une diminution de ses charges et, par suite, de sa puissance.

Ces défauts, et surtout le dernier, sont d'ailleurs inhérents à tous les systèmes de gazogènes qui fonctionnent sous l'aspiration directe du moteur. On n'a rien pu faire de mieux que ce qu'avait fait Bénier dans cette voie.

En réalité, pour fonctionner convenablement avec un gazogène par aspiration simple, il faut compter devoir le vider complètement toutes les huit ou dix heures, pour le débarrasser de ses scories, et le rallumer ensuite pour la prochaine mise en marche. Cette manière de procéder, qui n'est tolérable que pour les petites installations, n'est évidemment pas une solution acceptable.

Ces opérations de vidange, de remplissage et de remise en feu, sont des causes de pertes importantes de chaleur et de combustible qui diminuent d'autant le bénéfice des installations à gaz pauvre en même temps qu'elles occasionnent inutilement des frais supplémentaires de main-d'œuvre.

Après cet exposé rétrospectif, nous allons aborder l'étude des gazogènes modernes. Comme ces appareils peuvent se grouper en différentes catégories, nous nous bornerons à décrire un ga-

zogène de chaque type ou à en donner le principe. Nous ferons ces descriptions à titre d'exemples et sans intention de distinguer ou de critiquer tel ou tel appareil en particulier.

Afin de pouvoir juger plus facilement des qualités ou des défauts de chacun des systèmes dont nous allons parler, nous allons d'abord énoncer et expliquer les principales conditions que doivent s'efforcer de remplir les constructeurs pour faire des gazogènes parfaits.

Ces conditions principales sont les suivantes :

A. — Obtenir une composition constante du gaz.

B. — Obtenir un enlèvement facile des scories, quelles que soient leur abondance et leur nature;

C. — Obtenir une marche continue;

D. — Pouvoir suspendre la production du gaz sans éteindre le feu;

Et il y a lieu d'ajouter pour l'emploi de charbons bitumineux;

E. — Empêcher les voûtes de se former dans la cuve du gazogène;

F. — Transformer en gaz fixes toutes les matières volatiles du combustible.

A. — Pour obtenir une composition constante du gaz, il faut tout d'abord que la colonne de combustible du gazogène, bien incandescente sur une hauteur suffisante, ne forme pas de cheminées, c'est-à-dire de passages par lesquels l'air pourrait passer directement au sommet de l'appareil et brûler ainsi une partie du gaz au fur et à mesure de sa formation. Ceci est facile à réaliser avec tous les combustibles contenant peu ou pas de matières volatiles. Cette condition étant remplie, si l'air soufflé conserve toujours le même degré d'humidité, la composition du gaz ne variera pratiquement pas.

Dans les ouvrages spéciaux, on trouve à ce sujet des recommandations plus étendues à observer et dont l'importance est donnée comme capitale.

C'est ainsi qu'on enseigne :

1° Qu'il faut s'efforcer de choisir des formes de cuve qui empêchent l'air de passer le long des parois. Dans ce but, on conseille le rétrécissement des cuves vers le foyer, le soufflage et la prise de gaz dans l'axe du gazogène.

2° Que le gaz sera d'autant meilleur que l'air aura passé plus

lentement sur le charbon, que ce charbon sera mieux calibré et que la pression de l'air sera plus forte.

Or, la pratique s'est chargée de démontrer péremptoirement que ces considérations n'avaient aucune espèce d'importance. Qu'on souffle un gazogène latéralement et qu'on capte son gaz de la même manière, on obtient un tout aussi bon résultat que par la complication d'un soufflage central et d'une prise de gaz centrale.

D'autre part, la grosseur des morceaux de charbon n'a d'importance que pour la soufflerie du gazogène, les pertes de charge augmentant d'autant plus que le combustible devient plus menu. De plus, ainsi que nous l'avons dit déjà, qu'un gazogène soit soumis à une pression ou à une dépression, les résultats pour la production du gaz sont identiques.

Quant à la durée de contact nécessaire entre l'air soufflé et le combustible contenu dans le gazogène pour que les réactions aient le temps de se produire, elle doit être extrêmement courte, car pratiquemment, plus on souffle dans un gazogène, quand son régime est établi, et plus il donne de gaz. Sa capacité de production semble indéfinie. On n'est limité que par la fusion des réfractaires du foyer.

Un gazogène est, en fait, un appareil d'une élasticité incomparable.

C'est ainsi qu'on obtient par exemple un très bon gaz en ne consommant que 50 kg de charbon par mètre carré de section de cuve, mais le gaz resterait tout aussi bon et aurait même une tendance à devenir meilleur en triplant et plus cette consommation. L'élasticité des gazogènes n'est pas l'un des moindres de leurs avantages sur les chaudières à vapeur qui, elles, sont très limitées comme production et dont le maximum de rendement n'est jamais obtenu qu'à une allure bien déterminée.

B. — Pour que l'enlèvement des scories d'un gazogène soit possible, il faut d'abord que celles-ci descendent d'elles-mêmes dans le foyer. Il faut pour cela que le régime de marche du gazogène soit approprié à la qualité du combustible employé. Si cette première condition ne peut être remplie, les scories forment des accrochages dans les cuves des gazogènes et empêchent rapidement la marche. L'accrochage est le défaut capital de la plupart des gazogènes de moteurs à gaz et c'est pour ne pas avoir à courir le risque de cet inconvénient qu'on n'emploie en général

dans ces appareils que des charbons très purs comme les anthracites anglais. Quand un combustible n'a pas de cendres, il ne peut en effet produire de scories.

Lorsqu'on veut quand même employer avec ces gazogènes des combustibles un peu moins purs que les anthracites, on en est réduit à vider les cuves toutes les six, huit ou dix heures, ce qui n'est tolérable que pour le cas particulier de marche très intermittente ou pour des installations de peu d'importance.

Quant à employer avec des gazogènes sujets aux accrochages des combustibles contenant plus de 10 0/0 de cendres, il n'y faut pas songer.

On a souvent essayé des dispositifs pour assurer le décrassage des foyers mécaniquement tels que : grilles oscillantes, grilles tournantes, etc. En réalité, ces appareils spéciaux ne sont utilisables qu'avec certains combustibles donnant des scories très friables et peu abondantes.

Avec un combustible qui donne des scories pâteuses, une grille mécanique est une gêne plutôt qu'un aide, parce que pour la faire manœuvrer, il faut d'abord en détacher les paquets de scories qui y adhérent avec des crochets manœuvrés à la main, et bien souvent on n'a d'autre ressource pour nettoyer le gazogène dans ce cas que d'en opérer la vidange.

D'une manière générale d'ailleurs les organes mécaniques dans un foyer ne se comportent jamais bien et, lorsqu'ils peuvent fonctionner, c'est que la qualité du combustible employé permettrait facilement de se passer de leur emploi.

C. — Les installations de force motrice sont de deux sortes principales: ou elles ne marchent que dix à douze heures par jour avec un arrêt d'une heure au moins dans le milieu de la journée, ce qui est le cas ordinaire de l'industrie, ou bien elle marche vingt-quatre heures par jour, comme dans les Forges, les charbonnages, etc., avec un arrêt de quelques heures seulement une fois par semaine.

Dans le premier cas, si on emploie un combustible assez pur pour que le gazogène puisse rester six heures sans être nettoyé, la continuité de la marche peut être considérée comme assurée si à l'arrêt il suffit d'enlever les scories du foyer pour pouvoir remettre l'appareil en service aussitôt après. Mais pour pouvoir marcher six heures sans toucher au foyer, il faut n'employer qu'un combustible très pur. Quant à toucher au feu quand le

moteur alimenté par le gazogène est *en pleine charge*, il n'y faut pas songer si on marche « par aspiration » avec le cendrier fermé, car en ouvrant ou en découvrant le foyer, on y fait arriver de l'air sec qui change immédiatement la composition du gaz et le moteur doit être vivement déchargé si même il ne s'arrête pas (1).

D. — Lorsque le combustible employé nécessite des décrassages en pleine marche, comme dans les marches de vingt-quatre heures par jour, par exemple, ou bien l'on emploie plusieurs gazogènes dont l'un d'eux se trouve en supplément, ou bien l'on a recours à l'emploi d'un gazomètre d'une capacité suffisante pour assurer l'alimentation du moteur pendant le temps de nettoyage d'un foyer.

On accorde de plus en plus la préférence au premier moyen qui donne des installations moins encombrantes.

Dans un gazogène bien compris, même lorsqu'on emploie des combustibles très cendreux, un nettoyage ne doit pas durer plus de dix à quinze minutes.

E. — Les combustibles bitumineux se boursouflent en augmentant de volume quand la distillatiou de leurs matières volatiles commence ; ces combustibles ont donc une tendance à former des voûtes. En métallurgie et en verrerie, on se contente de briser les voûtes à coups de ringard par des trous de piquage ménagés dans le haut du gazogène. Avec des gazogènes pour moteurs on ne peut recourir à ce moyen qui troublerait la marche.

En réalité, on n'a guère employé jusqu'ici dans les gazogènes pour moteurs, comme combustibles bitumineux, que certains charbons non agglomérables et des lignites. Pour employer vraiment des charbons gras, il faudrait dans tous les cas recourir à des gazogènes à cuve de grande section en forme de cône renversé ou déterminer la combustion au moins partielle des matières volatiles au fur et à mesure de leur distillation.

F. — Les matières volatiles qui se dégagent des combustibles bitumineux ainsi que des combustibles ligneux, comme le bois et la sciure, donnent des produits condensables par refroidisse-

(1) Même avec cendrier ouvert, le nettoyage de feu en marche est une opération toujours délicate à effectuer. Il est vrai que les dispositifs adoptés jusqu'ici dans ce cas favorisent plutôt l'accrochage des scories dans les cuves, ce qui rend illusoire l'avantage du foyer ouvert.

ment très gênants, ainsi que nous l'avons dit, pour l'alimentation des moteurs. Ces produits, qui se composent principalement de goudrons, forment, en se condensant, des globules analogues aux bulles de savon qui restent en suspension dans le gaz jusqu'à ce que, par inertie, ils viennent s'écraser sur les soupapes du moteur, enduisant celles-ci de goudrons qui les encrassent et dont une partie est entraînée dans les cylindres où ils produisent bientôt des allumages prématurés.

Pour éviter ces inconvénients, le meilleur moyen est de réduire les vapeurs de goudron en gaz fixes, non en les faisant simplement passer sur du charbon rouge, moyen reconnu pratiquement insuffisant, mais en les captant à part et en les faisant passer avec l'air d'insufflation dans la cuve des gazogènes pour les oxyder. De cette façon ils ne peuvent plus donner que de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

Le procédé n'est pas sans présenter des difficultés pratiques et ne peut d'ailleurs se réaliser qu'au prix de quelques complications.

Nous pouvons maintenant utilement passer en revue les différents systèmes de gazogènes pour moteurs. Nous le ferons en classant ces appareils par catégories, en ne décrivant dans chacune de celles-ci qu'un ou deux types d'appareils, ce qui renseignera mieux le lecteur que la monographie détaillée d'une quantité de systèmes dont la lecture toujours fatigante ne laisse que des souvenirs confus.

Gazogènes par aspirations.

Tous les systèmes de gazogènes de cette catégorie dérivent directement des gazogènes Bénier que nous avons décrits plus haut. Ces appareils ne se différencient guère les uns des autres que par la façon de produire la vapeur destinée à humidifier l'air qui les traverse sous l'effet de l'aspiration directe d'un moteur.

Quant aux autres dispositions, elles sont à peu près communes à tous les systèmes.

C'est ainsi que sur chaque gazogène on retrouve des trémies de chargement à double fermeture du genre de celles que nous

avons déjà décrites. Ces trémies sont destinées à l'alimentation en marche du gazogène; mais, en général, on s'efforce de prendre des dispositions pour espacer le plus possible les époques de chargement. A cet effet, la trémie surplombe une capacité cylindrique ou conique dans laquelle on accumule une quantité importante de combustible à chaque chargement. La partie inférieure de cette sorte de réservoir communique librement avec la cuve du gazogène en pénétrant dans celle-ci assez profondément.

Par cette disposition, le gazogène est toujours maintenu plein. Le combustible de réserve, en s'écoulant dans la cuve au fur et à mesure que le niveau tend à baisser dans celle-ci, assure en réalité une alimentation continue. La capacité de réserve peut donc être appelée un *alimentateur*.

En faisant pénétrer les alimentateurs assez avant dans les cuves des gazogènes, on avait compté que ces appareils, léchés constamment par les gaz chauds produits, auraient fonctionné comme des cornues à gaz pour le dégagement des matières volatiles qu'auraient pu contenir les combustibles employés. On espérait que ces matières, qui ne pouvaient dès lors s'échapper qu'en traversant le haut de la colonne de combustible incandescent du gazogène, se seraient transformées en gaz fixes.

Nous savons déjà qu'il ne faut pas compter sur ce dernier effet; mais de toute façon, avec les alimentateurs pénétrant dans les cuves, on ne peut employer que des charbons à très faible teneur en matières volatiles et, pour mieux dire, que des anthracites, car s'il y avait distillation, le gonflement, si faible fût-il qui en résulterait, empêcherait le combustible de descendre.

Pour la fermeture inférieure de la trémie de chargement, au lieu d'employer un cône ou un tiroir, on emploie quelquefois simplement un gros robinet à boisseau.

Lorsque l'installation ne doit fonctionner que cinq à six heures, sans arrêt, on peut se passer de la trémie de chargement proprement dite. On remplit alors l'alimentateur aux arrêts et on ferme celui-ci à la partie supérieure par un simple couvercle.

Le plus souvent, le gazogène par aspiration porte une grille horizontale avec portes de nettoyage au-dessus et au-dessous de la grille. Quelquefois la grille est remplacée par un simple plateau, et l'air n'arrive alors au gazogène que suivant une section annulaire. En général, comme les gazogènes par aspiration sont destinés à marcher avec des charbons très purs, les

constructeurs ne se sont guère préoccupés de la recherche de moyens propres au nettoyage facile des foyers.

Dans la catégorie des gazogènes « par aspiration », nous retrouvons quelques types nouveaux du gazogène Dowson.

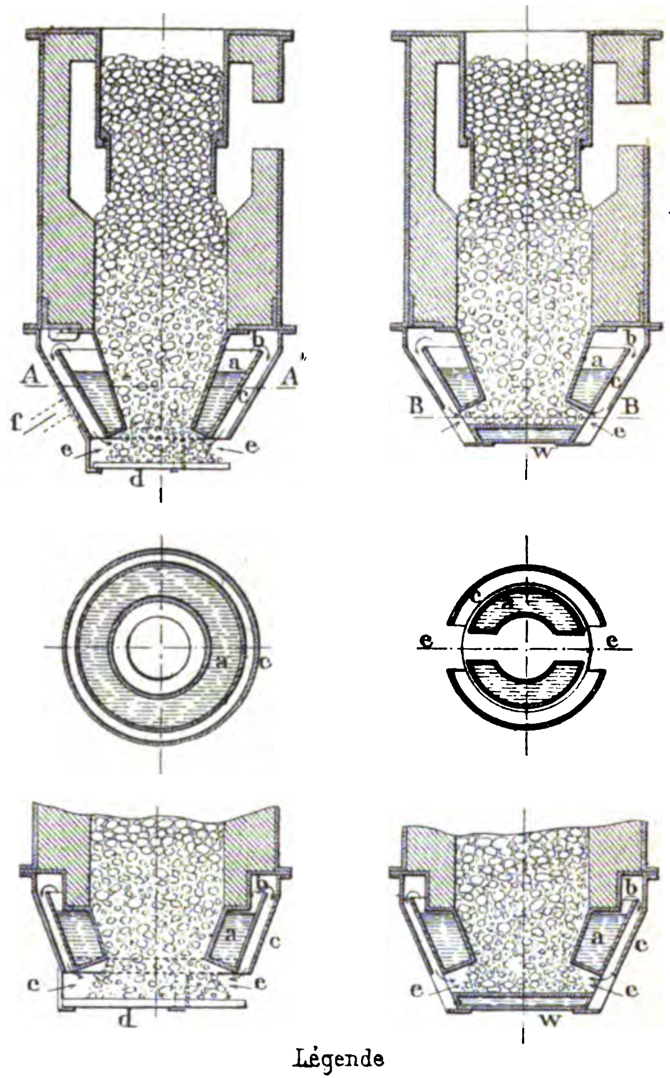
Le premier qui fut construit porte dans sa demi-hauteur supérieure une double enveloppe dans laquelle se trouve du coke bien calibré. L'air aspiré par le gazogène doit traverser cette capacité en y entrant d'un côté par le bas, pour en ressortir à la même hauteur du côté opposé, mais après avoir dû contourner un diaphragme qui le force à traverser d'abord toute l'épaisseur du coke. Ce coke est constamment arrosé d'eau par un tuyau circulaire percé de trous qui garnit le haut de l'enveloppe.

Par conductibilité le coke s'échauffe et vaporise l'eau qui y tombe. La vapeur produite est entraînée avec l'air d'aspiration qui descend dans une conduite qui aboutit sous la grille du gazogène. Avec ce dispositif, il est à craindre que l'échauffement de l'enveloppe ne se fasse qu'avec une extrême lenteur, ce qui au début doit faire marcher le gazogène avec un air trop sec. Quand au contraire, le coke étant devenu chaud, le moteur varie de charge, il y a des moments où l'air insufflé au gazogène doit contenir trop de vapeur. Ce défaut est d'ailleurs commun à la plupart des gazogènes par aspiration, et c'est sans succès qu'on a essayé, pour remédier à cet inconvénient, des dispositifs mécaniques de dosage d'air et de vapeur dont le fonctionnement dépendait de l'allure du moteur.

Pratiquement, ces dispositifs n'agissent jamais avec un synchronisme suffisant, et au lieu de procurer un réglage, ils deviennent plutôt une cause de troubles.

Pour mettre en feu le gazogène, on se sert d'un ventilateur mû à la main. Les premiers gaz produits sont évacués par une cheminée.

Dans une deuxième disposition, l'Ingénieur Dowson, après avoir reconnu, sans doute, les inconvénients de son enveloppe extérieure, constitua le foyer de son gazogène par une sorte de chaudière conique à basse pression. Le combustible appuie directement sur les parois de cette chaudière. Un simple plateau plein ou à circulation d'eau retient le combustible à la base du gazogène *(fig. 3)*.



Légende

a. Cuvette à eau
c Enveloppe conique
d Plateau support
e Couronne d'aspiration
w Plateau à circulation d'eau

Fig. 3. — Nouveaux gazogènes Dowson.

La chaudière à basse pression en forme de cuvette annulaire communique avec l'air libre par une enveloppe conique qui descend jusqu'au niveau inférieur du charbon. On conçoit qu'avec ces dispositions la chaudière produira facilement et vite de la vapeur : on peut même craindre qu'elle n'en produise trop quand le feu est très vif dans le foyer. La vapeur se dégageant vient naturellement se mélanger à l'air aspiré suivant une section circulaire du foyer.

Cette disposition do chaudière, qui fut très souvent imitée, a une tendance marquée à faire arrêter les scories, quand il y en a, au-dessus de la chaudière, endroit inaccessible.

A part cet inconvénient, pour employer ce système en toute sécurité, il faut ne se servir que d'eau exempte de calcaires et être certain, d'autre part, que le chauffeur ne laissera jamais la chaudière sans eau. De plus, il n'est pas prudent, pour la conservation de l'appareil, de laisser certaines portions de parois non couvertes d'eau en contact avec le feu. Dowson reconnut, en effet, la nécessité de reporter le niveau libre de sa chaudière vers l'extérieur. Dans tous les cas, quand la chaudière est entartrée ou manque d'eau, elle se fend immédiatement si elle est en fonte, et si elle est en tôle d'acier, elle est brûlée et percée en quelques heures.

Nous avons employé une disposition analogue dans nos tout premiers gazogènes, mais nous y avons rapidement renoncé pour les raisons indiquées ci-dessus. Nous n'avions pourtant dans notre système que très peu de surface de parois en contact avec le feu (*fig.* 2).

Dans le gazogène Griffin, la chaudière à basse pression est constituée par une double enveloppe de l'alimentateur. Cette disposition fut d'abord employée par Bénier, ainsi que nous l'avons vu. La chaudière est ainsi moins sujette à brûler que dans la disposition Dowson, mais on obtient alors de la vapeur moins rapidement. Néanmoins, au point de vue des entartrages, les inconvénients sont les mêmes.

L'air aspiré par le gazogène pénètre d'abord à la partie supérieure de la chaudière où il se charge de vapeur, puis il descend par une tuyauterie latérale sous la grille.

Dans ce gazogène, l'alimentation est continue, la trémie portant à sa partie inférieure un obturateur à quatre alvéoles qui tourne lentement sous l'action d'une vis sans fin. Chaque al-

véole, lorsqu'elle se trouve tournée vers l'extérieur, se remplit de charbon; celui-ci tombe ensuite dans l'alimentateur quand l'obturateur a tourné de 180 degrés *(fig. 4)*.

L'étanchéité d'un pareil appareil est assez difficile à obtenir. L'alimentation continue sur une capacité de réserve n'offre pas grand intérêt. Nous verrons plus loin dans quels cas un tel procédé trouve son utilité.

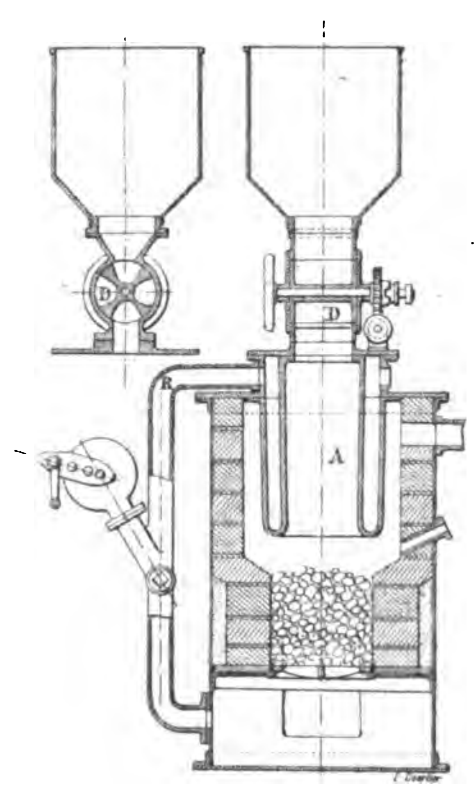


Fig. 4. — Gazogène Griffin.

Dans certains gazogènes, comme variante, la chaudière à basse pression, de forme circulaire, repose directement sur la garniture réfractaire et n'est par conséquent léchée par les gaz chauds que par sa partie intérieure. Certains mêmes combinent ensemble deux chaudières, dont une est autour du foyer et l'autre dans le haut du gazogène. C'est une complication qui ne peut guère se justifier.

Dans d'autres systèmes, les chaudières ou vaporisateurs sont reportés complètement à l'extérieur du gazogène sur les trajets du gaz chaud : on emploie, à cet effet, soit des tubes Field, soit des tuyaux à double enveloppe et à chicanes.

Nous arrêterons ici notre description des gazogènes « par aspiration », car nous ne pourrions donner de nouveaux exemples

sans nous répéter. Il n'y a rien à dire, en effet, d'appareils qui ne se distinguent de la foule que par les noms prétentieux et baroques dont on les affuble.

En résumé, tous les systèmes de gazogène « par aspiration » donnent des résultats à peu près identiques et d'ailleurs satisfaisants lorsqu'on les alimente exclusivement d'anthracites anglais. Mais quand on les alimente de combustibles un peu moins purs, il faut s'attendre à devoir les vider au moins tous les jours, ce qui est une sujétion qui éloigne quelquefois de leur emploi.

Gazogène par « aspiration compensée ».

Nous avons appelé ainsi un système capable, comme les précédents, d'alimenter des moteurs sans réserve de gaz, mais avec cette différence que l'appel d'air déterminé par les aspirations des pistons des machines se fait sous dépression constante, quelle que soit la perméabilité plus ou moins grande et variable des colonnes de combustible des gazogènes.

A cet effet, le ventilateur qu'on actionne à la main pour la mise en feu est mû ensuite par le moteur, de façon à être toujours prêt à souffler dans le foyer du gazogène.

Sur les conduites, entre le gazogène et le moteur, on place « en dérivation » un régulateur à cloche équilibrée à une pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique, de telle façon qu'au repos, la cloche ait une tendance à rester au haut de sa course. Chaque fois que le moteur aspire, la cloche fait un mouvement pour descendre, et par un système de levier approprié, ce mouvement est utilisé pour ouvrir un papillon permettant à l'air du ventilateur de venir compenser la dépression causée par l'aspiration du moteur en surmontant les pertes de charge variables du gazogène et des appareils d'épuration (*fig. 5*).

Par ce procédé, le régime d'aspiration du moteur ne variant pas, rien ne l'empêche, du fait du gazogène, de marcher d'une façon continue au maximum de sa puissance, ce sur quoi on n'est jamais sûr de pouvoir compter avec des gazogènes par « aspiration simple ».

Ce qui démontre l'excellence du système, c'est que dans le

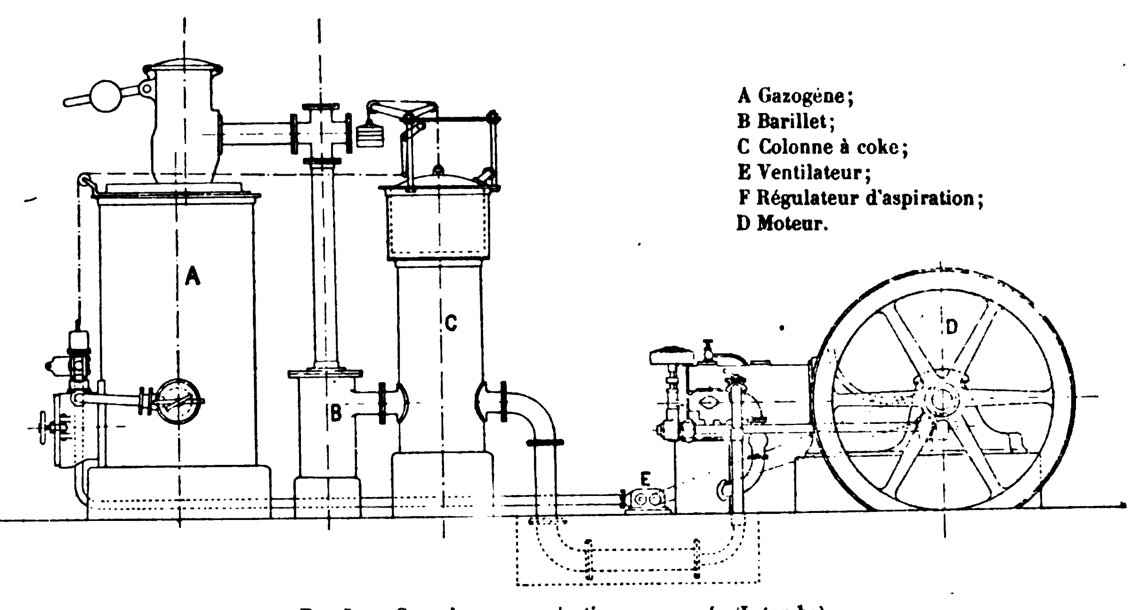


Fig. 5. — Gazogène par aspiration compensée (Letombe).

cas de forte charge, on n'arrive souvent, avec les gazogènes par aspiration, à maintenir la puissance du moteur qu'en mettant précisément en mouvement le ventilateur d'allumage.

Gazogènes pour combustibles bitumineux.

Par combustible bitumineux, il faut comprendre tous ceux qui sont susceptibles de donner par distillation des matières volatiles. Les anthracites n'en contiennent que des quantités insignifiantes. Un combustible qui contient :

8 à 10 0/0	de matières volatiles	est appelé	un charbon	maigre,
10 à 15 0/0	—	—	—	quart-gras,
15 à 20 0/0	—	—	—	demi-gras,
25 à 35 0/0	—	—	—	gras.

Les matières volatiles de tous les combustibles donnent toujours du goudron, dont nous avons déjà signalé les inconvénients. Or, le goudron est très difficile à arrêter par simple épuration, à moins d'employer des appareils de proportions tout à fait anormales, comme dans le procédé Mond, qui a précisément pour but de recueillir tous les produits condensables contenus dans les matières volatiles de certaines houilles. La valeur des produits recueillis permet, lorsqu'on traite de grandes quantités de matières, de faire la dépense d'installation d'appareils considérables, mais ce procédé n'est pas applicable à des installations ordinaires de force motrice pour lesquelles le gaz est le produit principal et non un sous-produit.

Il faut d'ailleurs remarquer que les procédés du genre Mond ne réussissent qu'avec certaines houilles spéciales qui ne se trouvent guère qu'en Angleterre. C'est par ignorance de ce fait particulier, mais bien connu pourtant, qu'une énorme affaire montée dans un pays voisin de la France n'a pu donner que des résultats très médiocres.

En attendant donc que l'on puisse arrêter facilement et complètement les goudrons contenus dans un gaz, il n'apparait actuellement qu'un moyen de se débarrasser de ce produit gênant : c'est de le transformer en gaz fixe.

Nous avons déjà vu que le passage des vapeurs de goudron sur du charbon rouge est insuffisant à cet effet. Beaucoup d'inventeurs continuent pourtant à chercher des solutions dans cette

voie. On arrive sans doute ainsi à détruire une partie des goudrons formés, mais, pour l'alimentation des moteurs, c'est sa suppression radicale qui est désirable. Il faut d'ailleurs remarquer que même les très petites quantités de goudron que donnent quelquefois certains charbons anthraciteux obligent déjà à des nettoyages très fréquents de cylindres et de soupapes, si on ne prend aucune précaution pour les arrêter.

Quant à vouloir marcher avec des arrivées de goudron dans les cylindres d'un moteur à gaz, comme ont prétendu le faire certaines Sociétés de fours à coke, c'est aller inutilement au devant de difficultés insurmontables. Confondant les causes et l'effet, on a quelquefois déduit d'essais de ce genre que le moteur à gaz ne convenait pas à certains services continus : le moteur à gaz, dans l'espèce, n'y était évidemment pour rien.

Il y a pourtant un moyen de se débarrasser des goudrons, c'est de les brûler.

Contrairement à ce qu'on croit généralement dans le milieu où l'on s'occupe de moteurs à explosion, il n'existe pas, en dehors de la question de destruction ou d'arrêt des goudrons, de difficultés spéciales à construire des gazogènes utilisant des charbons gras. La preuve c'est que pour l'alimentation des gazogènes de métallurgie et de verrerie on n'emploie que des charbons à haute teneur en matières volatiles, charbons qui coûtent d'ailleurs plus cher que les charbons maigres.

Et, pendant que les mécaniciens vivent dans l'attente de l'invention d'un gazogène à charbon gras, parce qu'ils trouvent que les anthracites coûtent trop cher, les métallurgistes et les verriers déplorent qu'on ne leur trouve pas un gazogène capable d'utiliser des charbons maigres, qui coûtent moins cher que les combustibles gras qu'ils emploient.

En réalité, des deux côtés, ce dont on se plaint c'est surtout de devoir recourir à l'emploi de charbons spéciaux.

Or, pourvu qu'on puisse se passer d'anthracite, il n'y a pas plus d'intérêt à employer dans les gazogènes du charbon gras que du charbon maigre, parce que, à pureté et criblage égaux, le prix de ces combustibles est sensiblement le même, sauf pourtant pour les fines maigres, qui sont moins chères parce qu'on ne sait qu'en faire, tandis que les fines grasses sont aujourd'hui totalement accaparées pour la fabrication du coke métallurgique.

S'il y a un desideratum à formuler au point de vue de l'alimentation économique des gazogènes destinés soit au chauffage,

soit à la force motrice, c'est de pouvoir les faire marcher avec des charbons maigres de qualité inférieure. Le problème est d'autant plus intéressant à résoudre que ce qui fait surtout le bas prix de ces derniers combustibles, c'est qu'ils ne donnent que de mauvais résultats sur les grilles des générateurs à vapeur.

Si les gazogènes de chauffage, comme ceux de verrerie, par exemple, sont toujours alimentés de charbons gras, c'est simplement, d'une part, parce que les formes qu'on leur a conservées ne se prêtent pas du tout à l'emploi de charbons maigres et que, d'autre part, on se contente de leur faire produire un gaz d'air par les moyens qu'avait employés Bischof il y a plus de 75 ans.

Il est vrai que ces gazogènes sont très simples et peuvent s'établir à peu de frais, malgré les dimensions importantes qu'on leur donne eu égard à leur production.

Ils se composent en général d'une cuve rectangulaire à parois verticales de plusieurs mètres carrés de section. Ils n'ont pas d'enveloppe en tôle, mais leur construction est établie en sous-sol et en plein terrain, de façon à éviter les déperditions de chaleur par trois côtés. Le troisième côté, établi dans le sens de la plus grande largeur, s'appuie sur des fers et ne descend que jusqu'à hauteur d'homme.

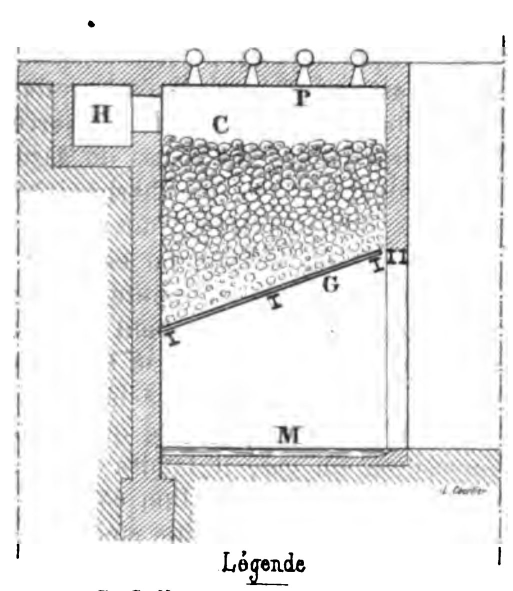


Fig. 6. — Gazogène de verrerie.

Une vaste grille inclinée légèrement vers le fond du gazogène part de la ligne d'ouverture du troisième côté pour aller rejoindre le mur du côté opposé.

Cette grille est composée de barreaux carrés simplement appuyés sur deux sommiers parallèles. Dans le cendrier, en forme de cuvette, est maintenue en permanence une couche d'eau *(fig. 6)*.

Le dessus du gazogène est percé de trous évasés vers l'intérieur et de diamètre seulement suffisant à l'extérieur pour permettre le passage d'un ringard et la manœuvre de celui-ci dans un rayon égal à la distance de deux trous. Ces orifices sont obturés simplement par des boulets de fonte. Le gaz produit s'échappe sous la voûte du gazogène et latéralement.

Supposons le régime de marche établi, le service du gazogène se fait de la manière suivante :

La grille est chargée d'une forte épaisseur de combustible dont la masse inférieure est portée à l'incandescence. L'air qui traverse la grille est appelé à travers l'appareil par le tirage de la cheminée qui se trouve à la suite du four à verre. Ce tirage étant naturellement très faible, ces sortes de gazogènes ne peuvent brûler que relativement peu de charbon par mètre carré de grille et par heure, 50 kg environ. L'air ne donne guère comme gaz combustible que de l'oxyde de carbone, puisqu'il ne peut être humidifié que par la très petite quantité de vapeur qui se forme quand des escarbilles tombent dans la cuvette placée sous la grille, mais le gaz produit se trouve enrichi par les matières volatiles qui se dégagent de la couche supérieure du combustible. On voit donc de suite que, pour maintenir constante la composition du gaz, il faudra une alimentation continue du gazogène. Cette alimentation continue est obtenue, dans le cas qui nous occupe, sans aucun mécanisme.

Le combustible, réduit en petits fragments, est amené directement par des brouettes sur la voûte du gazogène. Le chauffeur, déplaçant successivement chaque boulet de fermeture, fait tomber avec les pieds une petite quantité de combustible par chaque trou découvert : si en même temps il s'aperçoit que le combustible tend à former des voûtes, il brise celles-ci à coups de ringard. Ces opérations se répètent à des intervalles assez rapprochés pour que le niveau du combustible dans le gazogène ne baisse pas.

Pour nettoyer le feu et enlever les scories, il faut opérer sous la grille. Ce travail se fait aisément : à l'aide d'un ringard, on brise les paquets de scories qu'on aperçoit à travers la grille; puis, en écartant les barreaux par de simples poussées, on fait

tomber dans le cendrier les morceaux de scories en les tirant avec un crochet. L'opération terminée, on repousse les barreaux à leur place.

Cette manœuvre serait impossible à faire avec l'emploi de charbons maigres, car, en écartant les barreaux de grille pour enlever les scories, on verrait tout le combustible rouge s'écrouler par la brèche comme une coulée de fonderie.

Cette remarque montre que les grilles horizontales ne conviennent pas à l'emploi de combustibles maigres impurs.

Les gazogènes de verrerie se font ordinairement par paires, adossés deux à deux, suivant les dispositions adoptées souvent pour les gazogènes Siemens. Les gaz se mélangent à la sortie des gazogènes : on a ainsi encore plus de régularité dans la composition du gaz qui arrive aux brûleurs.

On voit que si on connaissait le moyen d'arrêter les goudrons, un gazogène de verrerie pourrait parfaitement servir pour alimenter un moteur à gaz en utilisant des charbons gras.

Dans tous les cas, cet exemple nous montre que, pour utiliser des charbons gras dans un gazogène, il faut d'abord, lorsque le dégagement des matières volatiles est libre, une alimentation continue et que, de plus, on doit recourir à de grandes sections de cuves pour que les voûtes qui tendent à se former cèdent facilement sous les coups de ringard du chauffeur. C'est par inobservation de cette remarque que les gazogènes ronds à charbons gras essayés en verrerie ont eu peu de succès. Si les foyers de ces appareils avaient été agencés pour utiliser des charbons maigres, ils auraient pu donner d'excellents résultats.

Au point de vue de l'alimentation des moteurs, les seuls gazogènes à charbons gras intéressants à étudier sont ceux dans lesquels on s'efforce de détruire par la chaleur tous les produits goudronneux. Nous allons passer en revue les différents systèmes essayés ou proposés pour atteindre ce but.

Gazogènes à zone de réduction.

On appelle ainsi les gazogènes dans lesquels les matières volatiles doivent traverser sur leur parcours une couche plus ou moins épaisse de combustible porté au rouge.

M. Lencauchez donna une solution intéressante du problème pour des gazogènes appliqués à des chauffages. Ces gazogènes du genre Siemens, à grille inclinée, portent deux trémies de chargement. Par la trémie qui se trouve du côté de la grille on ne charge que du charbon gras, et par l'autre que du coke. Les deux couches de combustible se superposent en tranches sensiblement parallèles à la grille. Un barrage placé devant la sortie des gaz force ceux-ci à s'échapper par le bas de la couche de coke.

Les matières volatiles qui se dégagent du charbon gras sont forcées par cette disposition de traverser la couche de coke, et si celle-ci est portée au rouge par la chaleur emportée par les gaz chauds, on conçoit que ces matières, à leur passage, puissent subir une transformation. En fait, on constata que les gaz de ces gazogènes particuliers déposaient peu de suie dans les conduites allant aux brûleurs des fours.

Cependant, pour alimenter des moteurs, ce résultat serait insuffisant.

L'Ingénieur anglais Thwaite tenta de résoudre la question en employant des gazogènes jumeaux, dont l'un est chargé de charbons bitumineux et l'autre de coke. Une tuyauterie convenablement disposée oblige tous les gaz qui se dégagent de la première cuve à passer dans la seconde à travers la colonne de coke portée au rouge. Afin de maintenir l'incandescence de la colonne de coke, de petites entrées d'air sont ménagées au-dessus de la grille du deuxième gazogène.

Malgré sa complication, ce procédé n'empêche pas une certaine proportion de goudrons de passer intacts avec les gaz. C'est une nouvelle preuve que la chaleur seule est impuissante à détruire les goudrons. Il faudrait les brûler; mais dans le cas particulier, c'est impossible à réaliser, car il faudrait alors, au bas de la deuxième cuve, brûler tous les gaz produits par la première. Outre que la deuxième cuve serait alors à une température trop élevée qui détruirait grille et réfractaires, il se produirait des torrents d'acide carbonique que la colonne de coke serait impuissante à réduire. Thwaite, tout en gardant ses cuves jumelées, essaya des variantes qui consistèrent à faire marcher l'une des cuves en tirage direct et l'autre en tirage renversé. On chargeait le charbon du côté de la première et on recueillait le gaz au bas de la seconde. Quand le combustible

le plus récemment chargé était transformé en coke, on renversait la marche : la première cuve devenait cuve de réduction à tirage renversé, et le chargement de combustible frais se faisait dans l'autre. De cette façon, on n'était plus obligé d'employer deux sortes différentes de combustibles. Le système qui ne gagna pas en simplicité donna des résultats encore moins bons, car l'intermittence voulue de l'alimentation occasionnait des variations dans la composition du gaz.

Le gazogène Riché, inspiré des dispositions de Thwaite, se compose aussi de deux cuves jumelles, mais le gaz dans la première cuve se forme horizontalement; la colonne de combustible accumulée en élévation ne sert alors que d'alimentateur et on réalise ainsi, par une disposition fort simple, l'alimentation continue. De plus, il n'y a pas à craindre ici que le combustible en réserve ne s'agglomère, car il ne peut prendre une température suffisante pour que sa masse distille. Les gaz, à la sortie de la première cuve, sont obligés d'en traverser une seconde remplie de coke qu'on s'efforce de maintenir au rouge, ce qui n'est d'ailleurs pas facile. Mais, même avec cette condition remplie, on se retrouve finalement dans les mêmes conditions que précédemment, et pas plus que par le procédé Thwaite, on ne détruit ainsi tous les goudrons.

Dans le même ordre d'idée, et pour ne pas avoir à employer deux combustibles différents ou deux cuves jumelées, on se contente souvent de faire une prise de gaz au centre du gazogène et à une profondeur assez grande au-dessous du niveau supérieur de combustible. On compte ainsi que par conductibilité le charbon frais distillera avant d'atteindre la prise de gaz et que, par conséquent, les matières volatiles passeront dans la zone de réduction avant de pouvoir sortir de l'appareil.

Dans le gazogène Pintsch, la prise de gaz se fait sous une tuile renversée en maçonnerie réfractaire. Le combustible accumulé des deux côtés de la tuile forme alimentateur. L'appareil fonctionne comme deux gazogènes accouplés à grille inclinée (*fig. 7*).

Quand on emploie des charbons quart-gras ou demi-gras, comme il est nécessaire dans ces cas d'humidifier l'air admis au gazogène, la tuile est métallique et à double enveloppe remplie d'eau. La tuile sert alors de chaudière à basse pression

et un tuyau amène la vapeur formée dans l'axe de la prise d'air du gazogène.

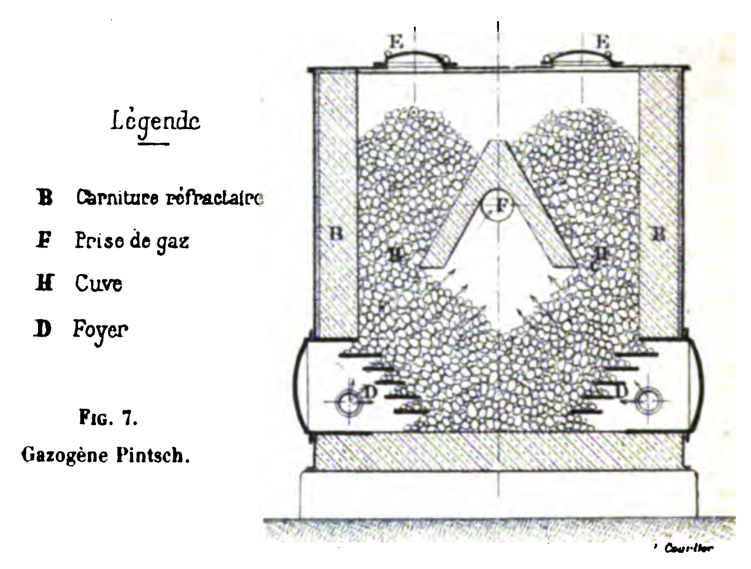


Fig. 7.
Gazogène Pintsch.

Dans le gazogène Koerting, la prise de gaz se fait simplement à mi-hauteur *(fig. 8)*. La partie inférieure marche en combus-

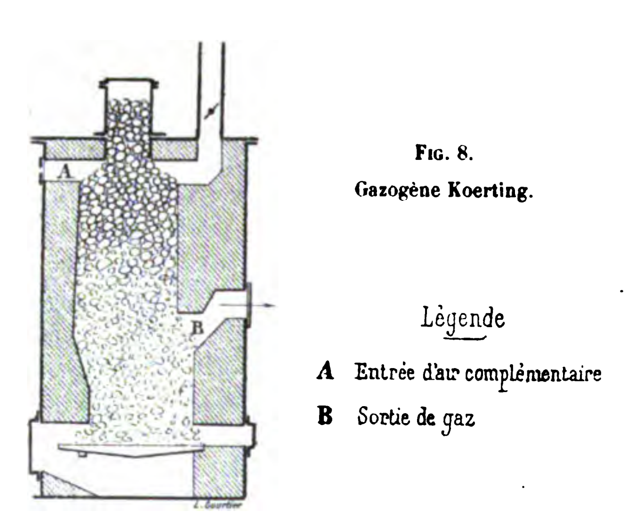


Fig. 8.
Gazogène Koerting.

tion directe et la partie supérieure en combustion renversée, une entrée d'air complémentaire étant ménagée dans le haut de l'appareil.

Les matières volatiles, lorsqu'elles se dégagent, se trouvent ici mélangées à une proportion d'air capable de les oxyder, mais comme la distillation ne peut se produire que dans le voisinage de la sortie des gaz, l'opération, si elle est efficace, doit donner en pure perte de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau qui, en se mélangeant aux gaz produits, en abaissent d'autre part le pouvoir calorifique.

Dans le but d'oxyder les vapeurs de goudron, on a proposé aussi souvent de marcher complètement en combustion renversée.

Au premier abord, l'idée est très séduisante. En effet, dans ce cas, l'air arrive dans le gazogène par le haut de la colonne de combustible, traverse celle-ci en descendant et le gaz s'échappe par le bas.

Les matières volatiles du combustible fraîchement chargé se dégagent en se mélangeant avec l'air d'insufflation et sont brûlées par conséquent en passant à travers la zone incandescente du gazogène. Malheureusement, il est bien difficile de maintenir une colonne de combustible rouge sur une épaisseur suffisante dans un gazogène renversé, surtout lorsque l'aspiration des gaz est continue.

En effet, le courant de flammes étant constamment dirigé vers le bas, le feu tend toujours à descendre, et par conséquent le combustible frais ne pourra s'allumer qu'en arrivant dans le bas de l'appareil. En fait, un gazogène renversé ne saurait marcher sans être soumis a des remous qui font remonter par instant les gaz chauds dans la cuve. Ces remous se produisent forcément, par exemple lorsque le gazogène marche sous l'aspiration d'un moteur à simple effet. A chaque arrêt d'aspiration, il se fait dans les conduites un retour en arrière dû à l'inertie des gaz qui renverse le sens des flammes, et celles-ci peuvent alors allumer sur une certaine hauteur les couches de combustible nouvellement chargées. Mais même dans ces cas, les distillations semblent commencer trop tard, car on n'arrive pas non plus ainsi à oxyder suffisamment le goudron pour le faire disparaître.

Pour brûler les matières volatiles, on a proposé aussi des mécanismes par vis d'Archimède pour alimenter les gazogènes par la base. Les inventeurs de ces dispositifs ont fait preuve de plus d'ingéniosité que de connaissances pratiques.

Outre, en effet, que les appareils mécaniques dans les foyers

sont difficiles à conserver en bon état, on ne voit pas bien *a priori* comment, par ces procédés, se fera l'enlèvement des scories. D'ailleurs, pas plus que dans les gazogènes renversés, le combustible fraichement chargé ne pourra s'allumer, attendu que celui-ci est constamment refroidi par un courant d'air froid, et que par la direction du courant gazeux les flammes ne pourront jamais l'atteindre.

Nous arrivons maintenant à une classe de gazogènes plus perfectionnés, dans lesquels on s'efforce de capter à part les produits de la distillation des combustibles pour les faire repasser en mélange avec l'air d'insufflation dans le corps même du gazogène. De cette façon, on brûle en quelque sorte les matières volatiles sous la grille du gazogène, moyen évidemment excellent pour se débarrasser des vapeurs de goudron par combustion.

Nous donnerons d'abord comme exemple de ce procédé spécial la description d'un nouveau gazogène Pintsch.

Ce gazogène a les dispositions d'un gazogène ordinaire à trémie surmontant un alimentateur descendant très profondément dans la cuve. Les gaz produits se dégagent en montant tout autour de l'alimentateur qu'ils échauffent. Un injecteur à vapeur disposé latéralement crée une dépression dans l'intérieur de l'alimentateur, dont le contenu distille sous l'influence de la chaleur qui lui vient d'une part de la paroi, d'autre part du contact d'une partie des gaz chauds qui se trouvent forcément dérivés vers le haut de l'appareil.

L'injecteur envoie les matières volatiles ainsi captées dans des brûleurs placés sous la grille où elles brûlent au contact de l'air d'insufflation *(fig. 9)*.

Avec un gazogène ainsi disposé, on ne peut employer que des combustibles bitumineux qui ne donnent pas de coke agglomérable, car ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, la formation de coke dans l'alimentateur ne manquerait pas d'enrayer complètement la descente du combustible. D'autre part, les brûleurs sous la grille ne sont pas une disposition recommandable pour la conservation de celle-ci.

Les foyers renversés ne sont jamais devenus pratiques parce que précisément une grille ne peut supporter un courant de gaz portés à une haute température sans se détériorer très rapidement.

En réalité, dans tous ces gazogènes on n'a guère employé vraiment de charbons gras. Les applications se sont faites surtout avec des lignites, des tourbes, des sciures et des déchets de bois, des branchages, etc. Tous ces combustibles dégagent déjà

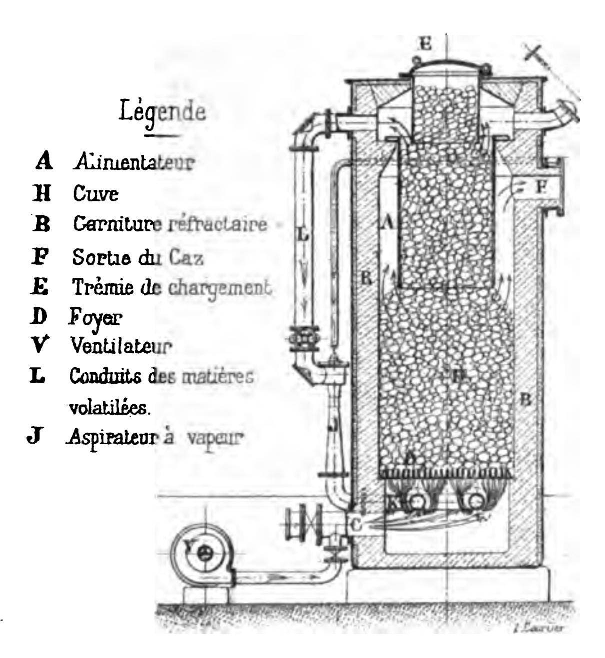


Fig. 9. — Nouveau gazogène Pintsch.

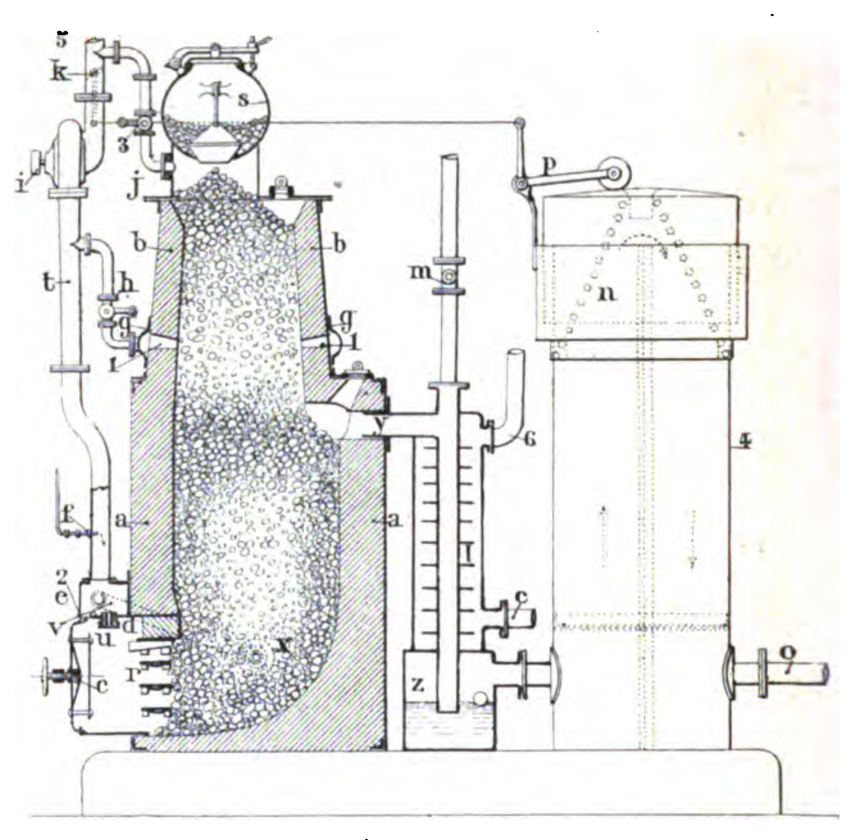
beaucoup de matières volatiles, mais leur coke n'est pas agglomérable. De plus, ils ne donnent qu'un goudron huileux moins incommode pour le fonctionnement des moteurs que les goudrons épais et collants donnés par les houilles grasses.

Dans le but de rendre pratique l'emploi des gazogènes renversés ou d'empêcher l'agglomération des houilles grasses au moment de la distillation, nous avons imaginé quelques systèmes que nous allons décrire et que nous avons appelés *gazogènes à combustion partielle préalable*.

Premier dispositif.

Le gazogène est formé de deux cuves superposées avec prise de gaz au sommet de la cuve inférieure. Un ventilateur en aspirant dans le haut du gazogène dérive vers la partie supérieure

un peu de gaz fabriqué. Ce qui caractérise l'appareil, c'est que cette portion de gaz chauds en montant rencontre une arrivée réglable d'air soufflé qui lui permet de brûler. La chaleur dégagée fait évidemment distiller le combustible fraîchement chargé et les matières volatiles commencent ainsi leur oxydation dès leur



Légende

a	Cuve inférieure	g	Air secondaire
b	Cuve supérieure	y	Sortie du gaz
i	Aspirateur	l	Barillet laveur
d	Foyer	n	Régulateur d'aspiration

Fig. 10. — Gazogène à double combustion. — Premier dispositif (Letombe).

apparition. De cette façon, on évite le boursouflement de la masse et la descente normale du combustible n'est pas entravée *(fig. 10)*.

Le ventilateur, tout en aspirant les produits volatils, aspire

aussi de l'air : il forme ainsi un mélange qui est envoyé dans le foyer, où il brûle en même temps que le coke arrivé dans le bas de l'appareil. Dans le cas d'emploi de charbons à teneur en matières volatiles modérée, l'air d'insufflation est humidifié par une pulvérisation d'eau. Pour le réglage de la production du gaz un régulateur à cloche équilibrée vient, lorsqu'il monte au haut de sa course, agir par des tringles sur des papillons qui obturent l'aspiration d'air et l'aspiration des produits volatils.

Deuxième dispositif.

Il s'agit ici d'un gazogène à tirage renversé. Une tuyère d'arrivée de vent descend à 50 cm environ en dessous du niveau

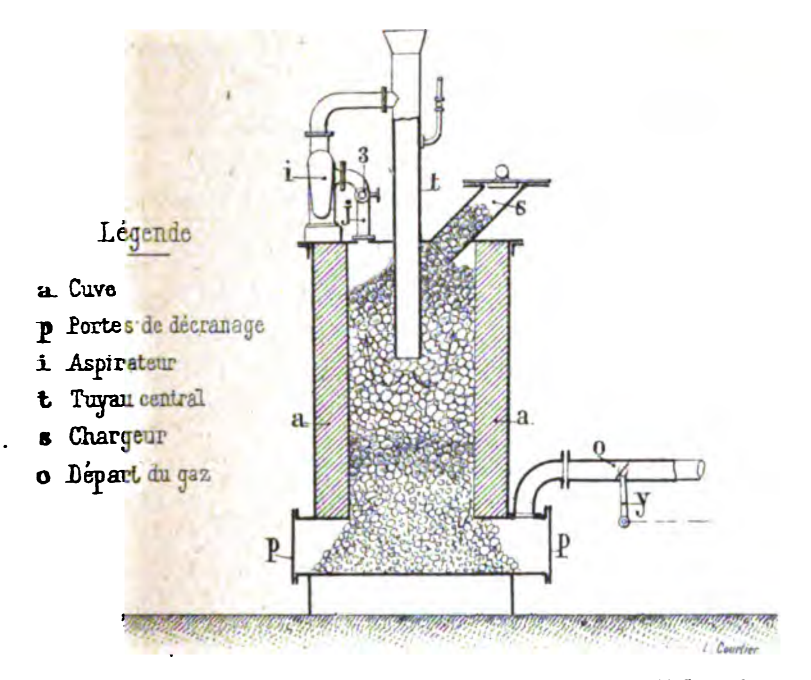


Fig. 11. — Gazogène à double combustion. — Deuxième dispositif (Letombe).

normal du combustible dans la cuve du gazogène. Celui-ci est supposé marcher par aspiration.

Un petit ventilateur aspire dans la partie supérieure de l'appareil et refoule dans la tuyauterie de vent (*fig. 11*).

Sous l'influence de cette aspiration, une partie de l'air d'insufflation se trouve dérivée vers l'aspiration du ventilateur. Ce

courant inversé détermine l'allumage au contact du charbon rouge qui se trouve à l'orifice de la tuyère centrale. Les matières volatiles se dégagent alors et commencent à s'oxyder comme dans le cas précédent : mélangées à l'air elles viennent ensuite brûler au centre de l'appareil.

Avec ces dispositions rien n'empêche plus le gazogène renversé de marcher normalement, car, en réalité, on l'alimente ainsi de combustible en ignition, et il n'y a pas à craindre, par conséquent, que le feu aille se localiser dans le bas du gazogène.

Troisième dispositif

C'est encore d'un gazogène à tirage renversé qu'il s'agit, mais d'une forme nouvelle. Le gazogène est surmonté d'un foyer ordinaire à grille inclinée, alimentée par un chargeur à trémie. La grille est disposée de telle façon que le combustible qu'elle supporte puisse s'écouler naturellement dans la cuve du gazogène en prenant son talus naturel d'éboulement.

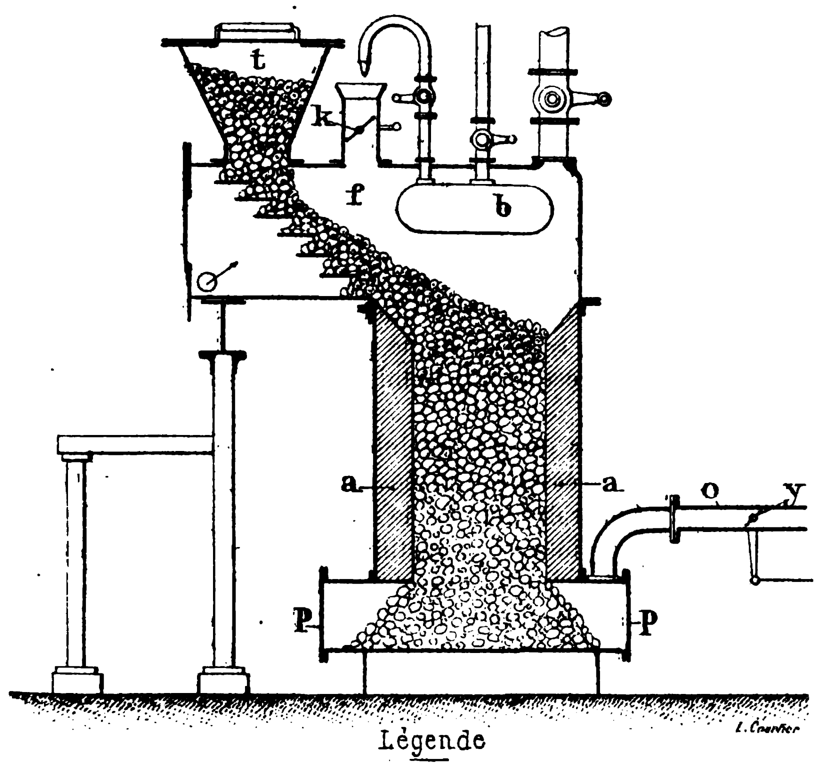
Le foyer étant allumé, sous l'influence de la dépression à laquelle est supposé soumis le gazogène, il entre de l'air sur et sous la grille en proportion réglable. Les matières volatiles du combustible distillent et brûlent au contact de l'air avant de passer à travers la colonne incandescente du gazogène. Au fur et à mesure que le combustible s'épuise dans la cuve, la grille tend à se dégarnir par éboulement et la trémie alimente le foyer de charbon frais.

On voit qu'ici, comme dans le cas précédent, on fait une combustion préalable partielle du combustible, qui permet à la fois la destruction des matières volatiles quelles qu'elles soient et l'alimentation du gazogène renversé en charbon rouge.

Ce qui différencie particulièrement ce dernier système, c'est qu'il fonctionne sans l'emploi d'aucun ventilateur auxiliaire. Quand il est nécessaire d'humidifier l'air, la vapeur est ici produite de la façon la plus simple et la plus logique par une bouillotte placée dans le haut du gazogène *(fig. 12)*.

Les trois dispositifs que nous venons de décrire peuvent s'employer indifféremment avec des houilles grasses ou demi-grasses, des lignites, des tourbes, du bois, etc., mais si les combustibles utilisés contiennent beaucoup de cendres, il est préférable d'employer le premier système.

Nous venons de voir par l'exposé ci-dessus qu'on peut tout aussi bien faire des gazogènes pour utiliser des charbons gras que pour utiliser des charbons anthraciteux, mais il est évident



Légende

a Cuve
p Portes de décranage
f Foyer supérieur
t Trémie de chargement
b Chaudière à basse pression
k Réglage d'aspiration
o Sortie du gaz

Fig. 12. — Gazogène à double combustion. — Troisième dispositif (Letombe).

que les premiers coûteront toujours plus cher de construction que les seconds. En réalité, ces appareils forment deux classes bien distinctes. A la rigueur, un gazogène à charbon gras peut être aménagé pour pouvoir brûler également du charbon maigre, mais on n'a pas en général à envisager cette hypothèse et, dans une région déterminée, on a plus d'avantage à brûler toujours à peu près le même genre de combustible : il suffit pour

les besoins de la pratique que le bon fonctionnement d'un gazogène ne dépende pas de l'utilisation d'une houille qu'on ne trouve que dans une seule fosse, comme il est arrivé souvent.

Emploi de combustibles pauvres.

Nous appelons combustibles pauvres tous les combustibles gras ou maigres, dont la teneur en cendres dépasse 15 0/0. A partir de cette teneur en cendres, en effet, tous les combustibles commencent à devenir impropres au chauffage des chaudières à vapeur. Même avec des grilles spéciales, les combustibles cendreux ne donnent que des résultats médiocres dans les foyers de générateurs et, à partir d'une proportion de 25 0/0 de cendres, il devient presque impossible de tenir seulement les feux allumés.

A cette catégorie de combustibles, qui jusqu'ici n'a été dans tous les cas que très mal utilisée pour la production de la force motrice, on pourrait donner le nom générique de « houille grise ». La dénomination se justifie d'ailleurs, car tous les combustibles cendreux ont un aspect grisâtre.

Certains charbons anthraciteux de l'Ouest, du Centre et des Alpes, les petits grésillons de coke des usines à gaz, les déchets de fours à coke, le fraisil des boîtes à fumée des locomotives, les escaillages des mines, les résidus de lavoirs, etc., rentrent dans cette catégorie.

Le plus souvent, lorsqu'on essaye de mélanger ces houilles grises avec des houilles de bonne qualité pour les faire passer dans des foyers, on les retrouve presque intactes, soit dans les cendriers, soit dans les scories, soit dans les carneaux, et finalement on obtient souvent le même résultat, avec moins de manutentions, en brûlant seule la houille de mélange.

Or, fait remarquable, les gazogènes, lorsqu'ils sont convenablement construits, sont capables d'utiliser directement dans des conditions économiques et pratiques tous ces combustibles de rebut en produisant un gaz excellent pour l'alimentation des moteurs.

Cette constatation est de nature à contribuer beaucoup au développement des installations à gaz pauvre. Déjà pour des puissances en dessous de 100 ch, le gaz pauvre donne le chevalheure au meilleur marché même avec l'emploi d'un combustible

cher : avec un combustible à bas prix, les avantages du moteur à gaz vont s'étendre jusqu'aux plus grandes puissances.

Pour l'emploi de combustibles très cendreux, indépendamment des dispositions spéciales à prendre suivant que ces combustibles contiennent ou ne contiennent pas de matières volatiles, ce qu'il importe le plus de bien étudier dans un gazogène ce sont les formes à donner au foyer pour que l'enlèvement des scories soit possible.

Il est évident que si on ne peut arriver à enlever les scories qui se forment dans un gazogène, celui-ci ne tardera pas à se boucher et à refuser tout service.

Beaucoup de systèmes ont été proposés pour le nettoyage des foyers, et on tenta souvent de recourir à des moyens mécaniques. Nous ne sommes pas tout d'abord d'avis de considérer la vidange périodique des gazogènes une ou deux fois par jour comme un moyen pratique de conduite, bien que certains constructeurs aient eu recours à ce procédé, en groupant en carré quatre gazogènes, dont l'un d'eux se trouve toujours soit en vidange, soit en chargement, soit en rallumage. Quand on compte tous les frais de main-d'œuvre que ces opérations multiples nécessitent et les pertes de combustibles et de chaleur qui doivent en résulter, on doit s'apercevoir que l'économie réalisée de ce chef ne vaut pas la peine d'une immobilisation de capital.

Beaucoup d'inventeurs crurent que les grilles tournantes, ou plus généralement les grilles mécaniques, seraient la solution pour débarrasser les foyers des scories qui les encombrent.

Nous avons déjà donné notre avis à ce sujet et nous n'y reviendrons pas.

Dans le but de faciliter le décrassage, on eut recours aussi à des gazogènes sans fond, formant joint hydraulique à leur base sur une fosse destinée à recueillir l'éboulement naturel des scories. Dans ces systèmes, on doit retirer les scories sous le joint hydraulique. Le procédé serait excellent si les scories pouvaient descendre rien que par leur poids, mais, malheureusement, en pratique, il n'en est pas ainsi : quand les scories sont abondantes, elles sont toujours plus ou moins collantes et, si on ne les arrache pas de l'endroit où elles s'agglomèrent dans les foyers, le gazogène se bouche et la fosse inférieure ne sert plus à rien. Cette forme, d'ailleurs, dans bien des cas, est plus nuisible qu'utile, car elle donne lieu par moments à une grande pro-

duction de vapeur qui fait monter le feu et trouble la composition du gaz.

Dans les gazogènes à joint hydraulique sous le foyer, on fait arriver ordinairement l'air soufflé au centre de l'appareil, soit à travers des trous percés dans un sommier en forme de toit placé en travers du gazogène (système Morgan), soit par une tuyère axiale protégée par une mitre pleine lorsqu'elle est métallique (système Taylor), ou une mitre percée d'orifices, si elle est en matière réfractaire (système Lencauchez). Dans ce dernier système, le soufflage est complété par des arrivées d'air latérales.

Pratiquement, rien ne vaut, pour l'enlèvement des scories abondantes et pâteuses, le ringard manœuvré à la main. Le tout est d'arriver à ce que les scories viennent se rassembler à la portée du chauffeur.

Pour atteindre ce dernier résultat, il faut que la température la plus élevée du gazogène se trouve au bas du foyer, car les scories ont toujours une tendance à se rassembler à l'endroit le plus chaud. C'est la raison pour laquelle, lorsque les foyers sont refroidis par un trop grand afflux de vapeur, les scories s'arrêtent au-dessus des portes de décrassage : c'est alors que le feu monte dans la cuve.

Comme exemple de solution pratique, nous allons donner la description du dernier type de gazogène que nous avons établi pour l'utilisation de combustibles très cendreux.

L'appareil se compose, comme à l'ordinaire, d'une cuve cylindrique en briques réfractaires avec enveloppe en tôle et trémie de chargement à double fermeture. Le foyer n'a pas, à proprement parler, de grille. En face de deux ouvertures opposées fermées par des portes se trouve une série de barreaux plats placés verticalement au-dessus les uns des autres et complètement amovibles sur support. On peut les avancer, les reculer ou les enlever à volonté. Ces barreaux forment simplement barrage, pour éviter l'éboulement du combustible. Le fond du foyer est constitué par une fausse sole formée de plaques réfractaires supportées par des tasseaux de même matière *(fig. 13 et 14)*.

Au niveau de la fausse sole débouchent quatre tuyères, disposées deux par deux dans un sens perpendiculaire aux portes. C'est par ces tuyères qu'arrive la plus grande partie du vent soufflé distribué par un tuyau circulaire entourant le gazogène.

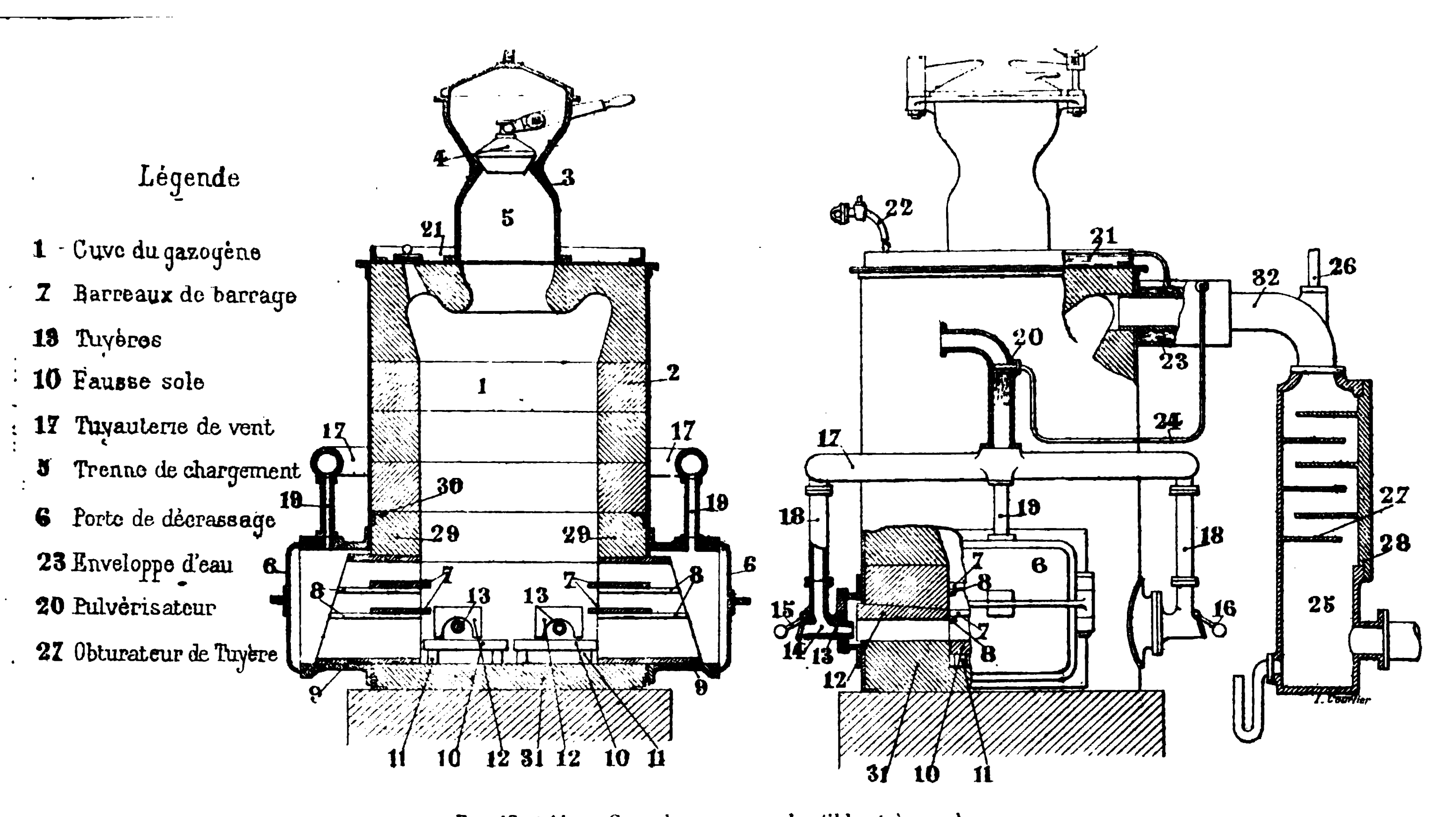


Fig. 13 et 14. — Gazogène pour combustibles très cendreux.

Le dessus des portes du foyer ne reçoit qu'une faible dérivation d'air, de façon à éviter des remous de gaz chauds dans les capacités vides comprises entre les portes et les barreaux de barrage.

Les tuyères n'arrivent pas jusqu'au foyer; elles sont protégées par des briques en demi-voûte dans l'orifice desquelles elles pénètrent très librement. La violence du courant d'air détermine devant chaque tuyère un véritable feu de forge donnant en cet endroit une température extrêmement élevée.

L'air soufflé est humidifié, dans la proportion qui convient, en suivant les indications que nous avons déjà données, par une pulvérisation d'eau chaude dans la conduite de vent. Cette eau chaude provient d'une double enveloppe du tuyau de sortie du gazogène, dans laquelle on entretient un niveau constant d'eau.

Dans le cas où les scories tendraient à boucher les orifices des tuyères, on peut les déboucher en passant un ringard à travers celles-ci, après avoir soulevé un clapet battant maintenu simplement en place par un contrepoids.

Pour les décrassages de foyer, on opère de la manière suivante : on arrête le vent, on ouvre la cheminée et on ferme la vanne de communication des gazogènes avec la tuyauterie de gaz, s'il n'existe pas sur les conduites un joint hydraulique de retenue, puis on ouvre l'une des portes. On constate alors que des paquets de scories sont venus s'agglomérer principalement sur la fausse sole et que d'autres scories sont en train de se former en rideau devant les barreaux de barrage. Avec un ringard, on détache les scories inférieures et on les retire avec un crochet : si celles-ci forment des amas trop considérables, on enlève momentanément les barreaux qui pourraient gêner le passage. Ensuite, à coups de ringard, on détache les scories de tout le pourtour du foyer : si on ne peut enlever de suite la totalité de ces dernières, elles iront se rassembler sur la fausse sole et seront enlevées lors du prochain décrassage. On remet ensuite les barreaux en place et on referme la porte. Après avoir répété les mêmes opérations devant l'autre ouverture de foyer, on remet le gazogène immédiatement en service.

Des essais en grand ont été faits de ce système de gazogène, à la fin de l'année dernière (1907), à la Société des Ateliers du Thiriau, à La Croyère (Belgique). Il s'agissait d'employer des déchets de four à coke menus, friables, décrépitants et très

humides, contenant à l'analyse, sur échantillon sec, 22,3 0/0 de cendres. Ce combustible n'avait jamais été employé que pour la fabrication de la chaux ou la cuisson des briques. On s'en servit pour l'alimentation d'une batterie de trois gazogènes faisant partie d'une installation comprenant un moteur à gaz de 1 000 ch indiqués, d'un nouveau type que nous avions également étudié pour cette installation. Ce moteur actionnait un alternateur-volant Oerlikon.

Les essais de consommation furent faits à la puissance effective de 700 ch environ, mais le moteur put supporter ensuite une surcharge de plus de 30 0/0.

Même en surcharge, deux des gazogènes sur les trois formant la batterie ont suffi à l'alimentation du moteur.

A cause de la mauvaise qualité du combustible employé, on dut procéder au décrassage de l'un des gazogènes toutes les 40 minutes environ et, chaque fois, on retira des foyers jusqu'à 125 kg de déchets et de scories, ce qui est évidemment considérable.

Malgré la marche alternée avec deux ou trois gazogènes et les nettoyages fréquents des foyers, la composition du gaz produit est restée pratiquement constante et le rendement thermique des gazogènes n'est guère descendu en dessous de 80 0/0.

Les scories se retiraient des foyers en paquets de 30 à 35 cm de côtés qui, refroidis, se brisaient sous l'effort de la main. Lorsqu'on examinait les morceaux détachés, on n'y trouvait que des quantités infimes de combustible non brûlé.

Un fait important à noter au point de vue des applications, c'est que la conduite de ces appareils ne présente pas de difficultés : c'est ainsi que pour les essais dont nous venons de parler, on employa comme chauffeurs des manœuvres complètement ignorants de la fabrication du gaz pauvre. Ceci est la preuve évidente que le rendement d'un gazogène ne dépend heureusement pas de l'habileté plus ou moins grande d'un conducteur.

On sait que pour la conduite des chaudières à vapeur, il en est tout autrement et que le savoir-faire d'un chauffeur fait souvent plus que tous les perfectionnements apportés aux chaudières ou aux machines. Un haut rendement de chaudière dépend toujours plus de la valeur du chauffeur qui la conduit que des qualités propres de l'appareil.

Aussi, en vapeur, ne doit-on pas tabler sur des résultats

d'essais pour établir un prix de revient du cheval-heure, par exemple.

Pour s'affranchir de l'habileté du chauffeur, on a cru trouver une solution dans l'emploi de chargeurs mécaniques pour les foyers de chaudières.

Au point de vue de la réduction du personnel, le procédé est certainement intéressant, mais il l'est sans doute moins au point de vue du rendement thermique, car un chargeur mécanique ne peut travailler que comme un chauffeur aveugle.

Le gazogène, sous ce rapport encore, est donc très supérieur à la chaudière. De plus, la conduite d'un gazogène demande bien moins d'attention et est beaucoup moins pénible que celle d'un foyer de générateur. Il faut, d'autre part, qu'un gazogène soit bien mal conduit pour qu'on retrouve dans les gaz produits et refroidis 70 0/0 des calories contenues dans le combustible employé.

Avec une chaudière, au contraire, on peut s'estimer très heureux lorsque, industriellement, un rendement de 60 0/0 est atteint.

Nous sommes d'ailleurs persuadé qu'il y aurait avantage à chauffer les chaudières avec des gazogènes, surtout lorsqu'il s'agit d'utiliser des combustibles pauvres, car alors le travail du chauffeur ne consisterait plus qu'à régler la combustion du gaz avec le minimum d'air possible, ce qui est beaucoup plus facile que d'entretenir un foyer ordinaire.

Si le chauffage des chaudières par gazogène n'a pas donné de résultats concluants jusqu'ici, c'est uniquement parce que les adaptations n'ont pas été bien étudiées au préalable.

Il ne faut d'ailleurs pas oublier que lorsque les gaz d'un gazogène peuvent être employés chauds, le rendement de celui-ci est très voisin de 100 0/0 : il suffit pour cela d'éviter les pertes par rayonnement, ce qui ne présente pas de difficultés.

Par contre, il n'y aurait évidemment rien à gagner à se servir des gaz froids d'une installation à gaz pauvre de moteurs pour chauffer des chaudières, c'est évident.

Épuration.

Il nous reste maintenant à parler de l'épuration des gaz de gazogènes.

Disons tout de suite qu'en général, les constructeurs font des épurations insuffisantes, de sorte que si on n'emploie pas des anthracites de premier choix, à très faible teneur en cendres et ne donnant pas de goudrons, on encrasse les machines en très peu de temps.

Les impuretés qu'on rencontre dans le gaz sont de plusieurs sortes et leur proportion relative varie naturellement avec la qualité des combustibles employés.

On y trouve des poussières de charbon et de cendres et des goudrons qui, par refroidissement, deviennent liquides ou pâteux, ou même solides en constituant alors une sorte de brai, soit aggloméré, soit pulvérulent.

On trouve aussi dans le gaz des impuretés à l'état gazeux comme de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré et de l'acide carbonique.

L'acide carbonique n'est guère gênant et s'élimine d'ailleurs en partie par les lavages qu'on est obligé de faire pour refroidir le gaz et dissoudre l'ammoniaque.

Les moteurs aspirant des volumes, il y a intérêt pour faire rendre aux machines leur maximum de puissance à refroidir le gaz le plus possible, mais au point de vue de l'épuration proprement dite, le refroidissement du gaz est de la plus haute importance.

Si, en effet, le gaz sort des appareils d'épuration à une température supérieure à la température ambiante, il restera saturé d'une proportion de vapeur d'autant plus considérable que sa température sera plus élevée. Tout refroidissement ultérieur dans les conduites amènera une condensation qui fera arriver une proportion toujours variable d'eau, à l'état liquide, dans les cylindres, ce qui pourra troubler la composition des mélanges admis au point d'empêcher le moteur de fonctionner.

D'autre part, la pratique montre que les poussières légères ont une tendance fâcheuse à rester en suspension dans la vapeur d'eau malgré tous les obstacles qu'on peut leur opposer. Ces

poussières ne se déposent qu'avec la vapeur condensée en formant des boues. Si cette condensation se fait en dehors des appareils d'épuration, les boues produites arrivent dans les organes de distribution du moteur, puis passent dans les cylindres en y rendant le graissage difficile, sinon impossible, et en encrassant les allumeurs.

On voit donc que contrairement à une pratique généralement admise, il ne faut pas ménager l'eau aux appareils d'épuration. En raison des pertes par rayonnement des tuyauteries, si on admet que pour refroidir la totalité des gaz produits par kilogramme de charbon, il suffit de leur soutraire 500 calories, et si, d'autre part, on pose en principe que l'eau de lavage ne sortira pas des appareils d'épuration à une température supérieure de 10 degrés à la température ambiante, on voit qu'il faudra, pour arriver à ce résultat compter sur un minimum de dépense d'eau froide de 20 l par cheval, le cheval étant supposé obtenu avec une dépense de 400 g de charbon.

En pratique, on trouvera toujours avantage à doubler ou même tripler ce volume d'eau. Cette eau peut d'ailleurs être reprise après décantation et refroidissement.

Pour le refroidissement du gaz, on emploie des colonnes métalliques remplies de coke ou de claies en bois, ou de chicanes pleines ou percées de trous. On entretient dans ces colonnes une pluie d'eau pendant que le gaz les traverse, d'un mouvement ascendant de préférence. L'important est de diviser suffisamment l'eau dans le gaz pour que celui-ci ne puisse pas passer sans se refroidir, comme il arrive par exemple dans une colonne à coke insuffisamment arrosée.

En bas de chaque appareil laveur doit se trouver un siphon d'évacuation d'assez grande dimension pour débiter même un excès d'eau de lavage.

Cette observation a une très grande importance, car un siphon de débit insuffisant fait monter l'eau dans les appareils et le gaz finit par ne plus pouvoir passer.

On reconnait qu'un siphon est trop petit lorsque par intermittence il laisse passer de grosses bulles de gaz avec l'eau qu'il évacue.

Il ne faut pas non plus oublier de mettre, en chaque point bas de conduite un siphon dont le bon fonctionnement devra être vérifié de temps à autre.

Les lavages, en même temps qu'ils retiennent les grosses

poussières, enlèvent aussi une certaine proportion de goudron, mais si on s'en tient là, on peut être certain de devoir procéder très souvent à des nettoyages de machines.

Un appareil qui parfait l'épuration lorsque le gaz y arrive froid c'est le filtre à sciure de grande surface. Les fines poussières et les goudrons s'y arrêtent presque complètement, à moins naturellement d'être trop abondants. Ces caisses à sciure sont de tous points semblables à celles employées dans les usines à gaz pour arrêter les produits sulfureux. Quand on emploie des caisses à étages, il est d'ailleurs bon de garnir quelques-uns de ceux-ci de sciures imprégnée de matière de Laming pour arrêter l'hydrogène sulfuré dont les produits de combustion donnent, après refroidissement, de petites quantités d'acide sulfurique susceptibles de corroder peu à peu les tuyaux d'échappement à moins qu'elles ne soient noyées dans un grand volume d'eau.

Lorsque le gaz contient beaucoup de poussières très fines, il faut ajouter aux installations des épurateurs mécaniques centrifuges analogues à ceux employés pour l'épuration des gaz de hauts fourneaux.

Quand on prend toutes les précautions que nous venons d'indiquer eu égard à la qualité du combustible employé, il n'arrive aux moteurs que des gaz propres et on peut alors ne visiter les cylindres que tous les six mois ou tous les ans.

Quand des goudrons restent en quantité notable dans le gaz, rien n'a pu jusqu'ici les empêcher d'être gênants.

Dans les usines à gaz on parvient à arrêter complètement les dernières traces de goudron en employant ce qu'on appelle des « Pelouze ». Ce sont des appareils composés en principe de tôles perforées, placées sur le passage du gaz et dont les trous respectifs ne correspondent pas. Lorsque le gaz passe à travers un trou de la première plaque, il dépose par choc sur la partie pleine qu'il rencontre en face de lui les particules de goudron qu'il contient avant de s'échapper en faisant un détour.

Avec le gaz de gazogène, de telles dispositions sont encore insuffisantes. Peut-être n'a-t-on jamais essayé dans ce cas de donner aux appareils employés des dimensions en rapport avec la quantité de gaz à traiter, mais il est vrai, d'autre part, que l'emploi de « Pelouze » de grandes dimensions majorerait trop le prix des installations.

Dans l'état actuel, ce qui paraît le plus pratique pour

supprimer les goudrons, c'est de les détruire par une combustion préalable.

En résumé, qu'il s'agisse de produire des chauffages ou d'obtenir de la force motrice, on voit par l'exposé que nous venons de faire que les gazogènes modernes sont des appareils qui méritent d'être plus employés qu'ils ne sont.

Faciles à conduire, d'une élasticité de production considérable, d'un rendement toujours élevé, ils sont, en effet, capables, lorsqu'ils sont bien étudiés en vue des applications auxquelles on les destine, de fournir d'une manière continue avec les combustibles les plus divers, un gaz excellent et de composition constante.

Peu d'appareils industriels font montre de qualités aussi exceptionnelles.

CHRONIQUE

N° 337.

SOMMAIRE. — La question de l'azote. — Les paquebots de plus de 20 000 tx de jauge. — Les ascenseurs à grande vitesse. — Usines hydro-électriques de Beznau et du Lontsch. — Les puits artésiens en Australie. — Concentration des minerais par l'huile.

La question de l'azote. — Nous trouvons, dans l'*Iron and Coal Trades Review*, un travail très intéressant de M. F. D. Marshall, ancien Président de l'Institution of Gaz Engineers, sur un sujet de grande actualité. Nous en donnons ci-après un résumé succinct.

La consommation du nitrate de soude (salpêtre du Chili) s'est singulièrement développée depuis une trentaine d'années. En 1880, elle s'élevait, pour le monde entier, à 220 000 t, tandis qu'en 1906 elle a dépassé 1 200 000. De ce dernier total, l'agriculture a employé 900 000 t et l'industrie 300 000, dont la plus grande partie pour la préparation des explosifs, car depuis la grossière poudre primitive jusqu'au terrible agent « Shimose » des Japonais, l'acide nitrique a toujours été la base des explosifs.

Si l'acide nitrique est le principe des agents destructeurs, il rend aussi d'immenses services aux industries productives; pour n'en citer qu'un exemple : sans lui la découverte par Perkins des teintures d'aniline n'aurait eu que peu de valeur. On sait que le Chili possède en fait le monopole des nitrates, car il n'existe sur aucun autre point du monde des conditions semblables pour la formation du salpêtre, et l'épuisement possible de ces gisements est un sujet de réelle préoccupation pour les intéressés. Certains savants ont fixé aux environs de 1920 la date de cet épuisement, malgré les affirmations du Gouvernement chilien déclarant que les dépôts récemment découverts à Antofagasta et Tocapilla sont aussi riches que les gisements actuellement exploités de Torapaca l'étaient à l'origine. Cette déclaration figure dans le *Times* du 8 novembre 1906. Quoi qu'il en soit, il semble y avoir une tendance à limiter l'exportation tandis que le prix augmentent considérablement; ils ont doublé en dix ans, ayant passé de 150 à 300 f la tonne ; on peut s'attendre à ce qu'ils doubleront encore dans une nouvelle décade.

La consommation si considérable de nitrate tient à ses qualités particulières qui lui assurent, comme engrais, une grande supériorité sur les autres composés azotés, par exemple le sulfate d'ammoniaque ; les plantes s'assimilent en effet directement l'azote des nitrates, tandis que l'ammoniaque doit d'abord être transformée dans le sol en nitrates par

l'action des bactéries, ce qui demande du temps et entraine une perte très appréciable d'azote. L'accroissement de la population fait que les demandes adressées par l'homme à la terre nourricière deviennent de plus en plus pressantes : aussi l'emploi de fertilisants actifs comme les nitrates se développe-t-il de plus en plus. Rien ne peut les remplacer et on conçoit que l'idée de l'épuisement des gisements de cette matière si indispensable à l'agriculture produise une grande émotion et que l'attention se soit portée de divers cotés sur les moyens de produire artificiellement l'acide nitrique et ses dérivés pour remplacer les produits naturels.

Parallèlement à ces recherches, on peut se proposer de parer à la diminution de la quantité de nitrates disponibles en développant la production du sulfate d'ammoniaque, dont on consomme en agriculture des quantités considérables. Mais il faut d'abord reconnaître que la production totale actuelle de sulfate d'ammoniaque ne représente guère que le tiers de la demande mondiale de nitrates et, comme la première de ces deux matières est un sous-produit de la fabrication du gaz et du coke, sa production dépend de celles-ci, et alors même qu'elles seraient considérablement développées, on n'arriverait qu'à remplir une faible partie de la lacune existante pour le remplacement des nitrates. Il ne parait donc pas que ce soit dans la voie du développement de la production du sulfate d'ammoniaque qu'on doive chercher la solution du problème soulevé par la réduction probable de la production des nitrates naturels.

L'idée d'emprunter à l'atmosphère dont il forme les quatre cinquièmes l'azote que renferment les nitrates est très naturelle et a été à plusieurs reprises la base de recherches.

Dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, Priestley et Cavendish ont cherché à combiner par l'action de l'étincelle électrique les deux éléments de l'air atmosphérique. L'intérêt que présente cet ordre de recherches peut être mis en lumière par les chiffres suivants : la masse d'air qui couvre une surface de terrain d'un acre de superficie contient 35 000 t d'azote ; c'est la quantité qui est consommée annuellement sur le continent sous forme de nitrates. L'extraction de ce volume d'azote ne laisserait aucune trace en présence de l'énorme masse de l'atmosphère qui rétablirait immédiatement l'équilibre.

On ne peut donc s'étonner de l'activité qui a été apportée aux recherches dans cet ordre d'idées et des capitaux qui ont été dépensés à cette occasion.

Il y a actuellement une centaine d'années que Priestley et Cavendish ouvrirent la voie qui a été suivie par Crookes en 1892, par Raleigh en 1897, Mathmann et Hofer en 1902 et bien d'autres. Mais le point capital dans cette méthode était de se procurer économiquement la puissance nécessaire à la production de l'énergie électrique servant à la combinaison des deux gaz de l'atmosphère.

Les véritables pionniers dans cette voie ont été les Américains qui ont aménagé les chutes du Niagara pour développer des puissances permettant de produire des courants à 10 000 volts engendrant 400 000 arcs électriques par minute.

MM. Bradley et Lovejoy ont essayé des tambours tournants de grande

dimension pour la conversion de l'azote atmosphérique en acide nitrique ; ils n'ont pas réussi, malgré l'emploi de puissantes machines Linde et d'une force motrice hydraulique arrivant au taux énorme de 150 000 ch. Remplacer par un travail artificiel s'exerçant pendant quelques heures le travail de plusieurs siècles des agents naturels est un ouvrage difficile à réaliser.

Sans se laisser influencer par l'insuccès de ces inventeurs, MM. Kowalski et Mosciki ont repris la question en Suisse et, en augmentant la fréquence du courant, sont arrivés à obtenir 43 grammes d'acide nitrique par kilowatt-heure contre 33, résultat obtenu par les précédents. Le succès réalisé fut jugé assez important pour amener la formation d'un Syndicat préliminaire pour la production des composés azotés et on établit une installation électrique donnant un courant à 75 000 volts. Les résultats commerciaux ne répondirent pas aux espérances et les travaux furent arrêtés.

Dans le même ordre d'idées, le docteur von Lepel, de Wick, fit quelques essais sur une échelle moindre, en employant des courants à plus basse tension ; en neutralisant l'acide nitrique obtenu par de la soude, il produisait un engrais désigné dans le commerce sous le nom de N. Mais cette marque ne tarda pas à disparaître du marché.

Ce n'est qu'en 1903 que le professeur Birkeland, de Christiania, recourut à l'emploi combiné d'un champ magnétique et de la décharge électrique ; il fut aidé dans la réalisation de cette méthode par les ingénieuses dispositions mécaniques de M. Sam Eyde.

Le peroxyde d'azote NO^2 formé dans l'opération est la base d'un produit commercial qui est du nitrate de chaux cristallisé $Ca\ NO^2\ HO$; ce produit est malheureusement trop déliquescent pour être employé. Plus tard, on fabriqua par la même méthode un nitrate de chaux basique de la composition $Ca\ NO^4\ HO$, qui contient 12 0/0 d'azote.

La modeste installation faite en 1903, à la fabrique de Forguerkilen, en Norvège, actionnée par une chute d'eau de 20 ch, est le point de départ de l'usine créée par le concours de la Badische Aniline and Sodafabrik et de MM. Birkeland et Eyde avec un capital de 75 millions de francs. On se propose, au moyen de puissances hydrauliques évaluées à près de 500 000 ch, de produire économiquement de grandes quantités d'acide nitrique et de ses dérivés. On estime qu'avec cette force on obtiendra par an 9 600 t d'acide nitrique. Mais il ne faut pas se dissimuler qu'une telle production exigeant l'énorme concours de 500 000 ch est insignifiante en présence de la demande toujours croissante de nitrates, puisque le port de Hambourg, à lui seul, a importé en 1906 34000 t de plus que l'année précédente.

Alors même que la gigantesque entreprise dont nous venons de parler serait couronnée d'un succès complet, elle n'aurait qu'un effet presque insensible sur les besoins toujours croissants et il est certain qu'en présence de l'imminent épuisement des gisements de nitrates naturels, il faut de toute nécessité, multiplier les efforts en vue de trouver des moyens de production artificielle de nitrates.

La Société industrielle du salpêtre, de Gelsenkirchen, travaille dans la même voie que la Société norvégienne dont nous venons de parler et

utilise les chutes de la Sill près d'Innsbrack pour produire le courant électrique destiné à obtenir l'acide nitrique de l'air atmosphérique.

Dans une autre voie, c'est-à-dire en se servant des carbures des métaux alcalino-terreux et en se basant sur le fait, découvert il y a peu de temps, que l'air passant sur du carbure de calcium chauffé voit son azote se combiner avec le calcium en mettant en liberté le carbone et en formant un composé connu sous le nom de cyanamide de calcium. MM. Frank et Caro ont appliqué cette nouvelle méthode. Une Société du nom de Cyanidgesellschaft a été formée pour exploiter les brevets de ces inventeurs avec un capital de 1 250 000 f fourni par la Deutsche Bank et par la maison Siemens et Halske.

La fabrication du cyanamide de chaux a commencé d'abord à Berlin et a été ensuite entreprise en Italie où il existe actuellement trois Sociétés pour cet objet : la Société Électro-chimique Italienne, la Societa di Prodotti Azotati et la Societa Generale par la Cyanamida. Le capital collectif de ces entreprises atteint la somme de 14 millions de francs.

Le centre de la fabrication est à Piano d'Orta, dans les Abruzzes, où on dispose d'une force hydraulique de 26 000 ch (1). On a éprouvé jusqu'ici de grandes difficultés à obtenir des quantités suffisantes de carbure de calcium pour opérer la fixation de l'azote en vue de la production du cyanamide de chaux. Il s'est d'ailleurs élevé des doutes sérieux sur la possibilité pour le nitrate de chaux de lutter avec des engrais plus actifs, tels que le nitrate de soude ou le nitrate d'ammoniaque, parce que des sols déjà trop calcaires n'ont aucun besoin de recevoir encore de la chaux. *(A suivre.)*

Les paquebots de plus de 20 000 tx de jauge. — Il n'existe encore que neuf paquebots affectés au service des voyageurs et jaugeant plus de 20 000 tx, chiffre qui eût paru, il y a encore peu d'années, quelque chose d'irréalisable, puisque le *Great Eastern* n'avait qu'une jauge brute de 18 900 tx. Sur ces neuf navires, six sont anglais, deux allemands et un américain ; leur jauge totale est de 223 359 tx, et un fait digne de remarque est que cinq avec 113 079 tx de jauge collective sortent des chantiers Harland et Wolff à Belfast. Voici du reste le détail :

Cedric	20 904 tx	1902	White Star Line.
Celtic	21 035	1902	—
Baltic	23 876	1903	—
Adriatic	24 540	1907	—
Lusitania	32 500	1907	Cunard.
Mauretania	32 500	1907	—
Minnesota	20 700	1903	Great Northern.
Amerika	22 724	1905	Hamburg Amerika.
Kaiserin-Augusta-Victoria .	24 580	1906	—

(1) Il y a une fabrique de cyanamide calcique à Notre-Dame-de-Briançon dans le département de la Savoie ; elle se sert de carbure de calcium fabriqué dans une usine de la même localité appartenant à la Société des Carbures métalliques.

Il y a, en outre, actuellement, cinq autres navires en construction, dont deux dépasseront en capacité les paquebots Cunard. Ce sont :

Rotterdam	24 170	1908	Holland-Amérique.
George Washington	27 000	1909	Nordeutscher Lloyd.
X.	34 000	1909	White Star.
Europa	29 000	1908	Hamburg Amerika.
X.	34 000	1909	—

Ces navires sont en construction aux chantiers Harland Wolff à l'exception du *George Washington* qui est fait par la Société Vulcan à Stettin; ce dernier sera le premier paquebot du Norddeutscher Lloyd dont la jauge dépassera 20 000 tx.

Voici les dimensions principales de cet énorme navire :

Longueur totale	221 m
Largeur.	28,80 m
Creux.	16,46
Tonnage brut	27 000 tx
Vitesse	18 nœuds
Puissance indiquée.	20 000 chx
Nombre de cheminées	2
Nombre de mats	4
Passagers de 1re classe.	500
— 2e —	400
— 3e —	600
— d'entrepont	1 500
Équipage	520
Total à bord.	3 520

Ce paquebot est destiné à faire le service entre Brême et New-York et pourra probablement être mis en service au milieu de l'année 1909.

Les ascenseurs à grande vitesse. — Nous avons indiqué, dans un article récent sur les constructions élevées aux États-Unis, que ces constructions avaient été rendues possibles pratiquement par l'emploi d'ascenseurs à marche rapide présentant de très grandes garanties de sécurité. Nous croyons intéressant de donner quelques détails sur un des systèmes les plus employés, le système Pratt, d'après une communication faite par l'inventeur à l'*American Society of Mechanical Engineers* au mois de novembre dernier.

Ce système a pour but de parer à quelques dangers que présentent les ascenseurs électriques sans engrenages de certaines dispositions; il a été adopté pour le nouveau Singer Building et pour la tour du Métropolitan Life Insurance Building.

Les appareils, destinés à ces bâtiments, se composent d'une poulie placée à la partie supérieure au-dessous de laquelle est une autre poulie plus petite servant pour le frein. La première poulie a environ 1 m de diamètre; le câble métallique s'attache à un bout à la partie supérieure de la cage de l'ascenseur et de l'autre à un contrepoids équilibrant cette cage. Le câble partant de celle-ci passe sur une pre-

mière gorge de la poulie de traction, puis descend et passe sous la poulie frein pour remonter et s'enrouler sur la seconde gorge de la poulie supérieure et redescendre s'attacher au contrepoids. L'axe de la poulie de traction est commandé directement par un moteur électrique.

Si le diamètre de cette poulie est de 1 m, comme nous l'avons supposé, la circonférence sera de 3,14 m et, pour que la cage ait une vitesse ascensionnelle de 600 pieds par minute, soit 183 m ou 3,05 m par seconde, la poulie et le moteur devront faire 58,28 tours par minute. La charge est d'environ 900 kg.

On voit que, pour les hauteurs d'ascension de 152,50 m des édifices auxquels ces ascenseurs sont destinés, la durée du trajet serait de 50 secondes.

Les avantages présentés par la disposition qui vient d'être décrite sont : 1° la suppression des transmissions par engrenages, vis sans fin, poulies mouflées, etc., et de tous frottements; 2° réduction au minimum des dimensions des tambours ou poulies de traction; 3° indépendance de tous arrêts automatiques à fin de course; 4° absence des inconvénients dus à l'inertie de lourdes parties métalliques ou de grandes masses d'eau comme avec les ascenseurs hydrauliques.

L'avantage indiqué au numéro 3 s'explique par le fait que, dès que la cage ou le contrepoids reposent sur une buttée au bas de la course, la tension cesse sur la poulie à gorge supérieure et celle-ci continue à tourner sans entraîner le câble.

M. Pratt a fait quelques expériences sur ce système pour se rendre compte de l'adhérence sur des poulies lisses à gorges plates : il a constaté que la plus faible adhérence avait lieu entre des câbles neufs et secs et des poulies dans les mêmes conditions. Mais, lorsque les appareils ont été assez longtemps en service, il n'y a pas de différence entre l'adhérence avec des câbles secs ou des câbles gras. Si donc l'ascenseur monte la charge prévue dès sa mise en service, on peut être assuré qu'il la remontera toujours.

Ce sont, avons-nous dit, des ascenseurs de ce genre qui ont été choisis pour les deux grands édifices Singer et Metropolitan Life Insurance à la suite d'une étude faite par une Commission d'Ingénieurs. M. Pratt se déclara d'accord avec la Commission dont le choix était surtout basé sur le fait que ce système, employé depuis plusieurs années, n'avait jamais éprouvé d'accidents, mais fit néanmoins observer que deux importants éléments de sécurité étaient négligés, savoir : un contrôle positif de la vitesse et la possibilité de maintenir sûrement la cage arrêtée à une position intermédiaire. En effet, le diamètre assez faible de la poulie de frein nécessite un serrage énergique des sabots ; si l'appareil est arrêté, on est obligé de desserrer le frein avant de le mettre en marche et il y a une période, si courte qu'elle soit, où la cage n'est pas maintenue d'une manière positive.

La disposition nouvelle présentée par M. Pratt pare à cet inconvénient. Son dispositif de sûreté consiste à placer sur l'arbre de la poulie de traction une roue dentée qui engrène avec une vis sans fin formant le prolongement de l'arbre d'un moteur auxiliaire. Le pas de la vis est assez court pour que la roue ne puisse pas l'entraîner. Cette vis contrôle

l'appareil : si elle ne tourne pas, la poulie de traction ne peut tourner et sa vitesse ne peut pas dépasser celle qui correspond à la vitesse du moteur auxiliaire; mais celui-ci n'a pas à faire de travail effectif, il n'a qu'à développer celui très minime qui correspond aux frottements.

Les avantages que donne cette disposition très simple sont les suivants :

1° Arrêts positifs à fin de course;
2° Contrôle absolu de la vitesse;
3° Perte de temps minimum au départ et à l'arrêt;
4° Absence complète de chocs;
5° Sécurité absolue;
6° Faible emplacement;
7° Faible prix d'établissement;
8° Faible prix d'entretien.

Il y a cependant un point un peu délicat dans cet arrangement : il faut s'arranger pour que le moteur auxiliaire ne travaille que juste assez pour contrôler le fonctionnement, autrement il y aurait une dépense inutile d'énergie et une usure de la vis et de la roue dentée. L'auteur estime que cette difficulté n'est pas malaisée à surmonter.

Usines hydro-électriques de Beznau et du Lontsch. — Il s'est formé, l'année dernière, une Société anonyme sous le nom de Société des Usines Électriques de Beznau et du Löntsch, dont le siège est à Baden (Argovie), et l'objet l'acquisition et l'exploitation des usines situées sur l'Aar, à Beznau, près Dottingen (Argovie) et sur le Lontsch dans le canton de Glaris. Ces usines ont été acquises de la Société « Motor » à Baden, Société anonyme pour les applications de l'électricité; la première est déjà en exploitation et la seconde est en construction et sera probablement mise en service dans le printemps de 1908.

L'usine de Beznau comprend les parties principales suivantes :

Un barrage sur l'Aar, en amont de Bottstein, localité située à 3 km en amont de la jonction de l'Aar avec le Rhin; ce barrage, construit sous forme de barrage à vannes, comprend sept ouvertures de 15 m chacune. Les vannes ont une hauteur de 6,30 m et sont actionnées par un mécanisme de levage qui peut être mû à la main ou par des moteurs électriques.

L'entrée du canal est munie de 19 vannes en fer qui sont actionnées au moyen d'un mécanisme mû à la main.

Le canal d'amenée a une longueur de 1 180 m et une pente de 0,15 m par kilomètre. Un pont roulant circule au-dessus du canal.

Le bâtiment des turbines est situé à l'extrémité du canal d'amenée. Sur la rive droite on a contruit une échelle à poissons et une écluse pour donner passage à des bateaux de 3 m de largeur et 15 m de longueur; à côté de cette écluse se trouve un canal de décharge de 6 m de largeur. Pour loger la réserve à vapeur on a prolongé le bâtiment des turbines et annexé un bâtiment contenant les chaudières. Le bâtiment pour le tableau se trouve sur la rive gauche du canal, appuyé contre la face frontale du bâtiment des turbines.

Pour tous les travaux exécutés sous l'eau, on a employé les fondations pneumatiques. L'ensemble des turbines hydrauliques comprend 11 groupes pour générateurs et 2 pour excitatrices. Pour utiliser rationnellement les diverses hauteurs de chute, une partie des turbines a été construite pour les basses eaux et les autres pour les hautes eaux. Les dynamos génératrices accouplées directement avec les turbines sont construites pour une puissance constante de 1 200 ch.

La réserve à vapeur comprend une installation de 6 chaudières à tubes d'eau, système Dürr, et deux turbines à vapeur, système Brown-Bovery-Parsons. Ces dernières sont dimensionnées pour pouvoir développer normalement 2 400 kilowatts et sont accouplées directement aux dynamos.

Le tableau, de grandes dimensions, a été disposé de façon à pouvoir faire toutes les combinaisons imaginables de branchements et de mises en et hors circuit, sans provoquer d'interruptions dans l'exploitation.

La distribution de force dans le voisinage immédiat de l'usine a lieu sous la tension de 8 000 volts, tandis que le transport à de plus grandes distances s'opère à la tension de 27 000 volts.

Un atelier de réparations est annexé au bâtiment contenant le tableau et l'appareillage. Il existe aussi des constructions nécessaires, pour un dépôt important de charbon et, pour loger une partie du personnel de service, il a été construit trois maisons d'habitation pour les conducteurs de machines et une destinée aux chefs machinistes.

Une canalisation d'eau spéciale fournit l'eau potable nécessaire aux besoins du personnel ainsi que celle destinée au service d'incendie et celle servant au refroidissement des transformateurs et à l'alimentation des chaudières.

En certains points du réseau, favorablement situés, on a installé des sous-stations auxquelles l'énergie est conduite sous la tension élevée de 27 000 volts. La distribution a lieu depuis ces sous-stations sous la tension de 8 000 volts. En outre, l'énergie est transformée à la tension d'utilisation dans des postes de transformation appartenant soit à la Société, soit aux abonnés.

La longueur des lignes à haute tension, y compris quelques tronçons en construction, atteint actuellement environ 717 km. La longueur des fils atteint 2 296 km. L'installation sera augmentée de la ligne directe projetée pour relier les deux usines de Beznau et du Löntsch, ainsi que de la ligne d'alimentation du canton de Schaffhouse.

Il y a dix sous-stations; la puissance des transformateurs qui y sont installés atteint 20 820 kilovolts ampère. Les stations de transformation branchées sur le réseau se répartissent de la manière suivante : 50 stations de transformation appartenant à la Société, avec une puissance de 4 546 kilovolts-ampère et 125 stations, propriété d'abonnés, avec 0 355 kilovolts-ampère. Dans les chiffres ci-dessus ne sont pas compris les transformateurs des réseaux de distribution des villes de Zürich et Winterthur, des usines de Rheinfelden, de la station centrale de Brugg et du réseau du Lac de Constance et de la vallée de la Thur.

L'usine de Beznau fonctionne depuis l'automne de 1902; elle a distribué dans les neuf premiers mois de 1907, c'est-à-dire jusqu'à sa

reprise (1er octobre) par la nouvelle Société, 43 639 000 kilowatts-heure, ayant donné lieu à une recette de 1 418 000 francs. Mais les charges croissantes de l'usine et la longue période de sécheresse de l'hiver ont nécessité, en 1907, une marche prolongée de la réserve à vapeur. Ces importantes dépenses de l'exploitation à vapeur disparaîtront avec la mise en service de l'usine du Löntsch.

L'idée sur laquelle repose l'installation de celle-ci est de faire du Lac de Klonthal, dont le niveau serait surélevé, un réservoir de capacité telle qu'il puisse emmagasiner pendant les périodes de pluie l'excédent du débit d'eau des affluents sur celui qui est nécessaire à l'exploitation.

Pendant la période de sécheresse, au contraire, l'insuffisance des affluents sera compensée par la source d'eau emmagasinée dans le lac. Des observations et calculs exacts ont prouvé que la quantité minima actuelle d'eau qui alimente le lac est, en moyenne, de 3 1/3 ou 3 par seconde.

Pour régulariser le débit, on créera, au moyen de la surélévation du niveau du lac, un réservoir d'une capacité d'environ 50 millions de mètres cubes. L'eau ainsi écoulée dans le lac, au moyen d'installations appropriées, sera conduite près du Russtelkopf dans un tunnel sous pression. Ce tunnel, tracé sur presque toute la longueur dans les rochers de la chaine du Wiggis, conduit l'eau au château d'eau situé à environ 4 km de l'embouchure du tunnel. Du château d'eau, l'eau passe directement par la conduite sous pression aboutissant à l'usine qui se trouve sur la rive gauche du Löntsch, immédiatement au-dessus de Netstal. Depuis la sortie des turbines, l'eau est conduite par un court canal de fuite dans un bassin de compensation pour être ensuite rendue à la rivière du Löntsch. Pour un niveau moyen du lac de 877,75 m et un niveau moyen dans le canal de fuite de 481,50 m, la chute brute est égale à 357,25 m.

On a décidé de relier, comme on l'a indiqué, les usines de Beznau et du Löntsch et de les faire marcher en parallèle. Le réseau très étendu déjà existant, ainsi que les agrandissements futurs, serviront à la distribution commune de l'énergie produite par les deux usines. Du fait que l'usine électrique du Löntsch repose sur le principe de l'accumulation en grand, il est possible de varier à volonté le débit du courant et de l'adapter très exactement aux besoins de la consommation. On peut ainsi utiliser presque complètement l'énergie disponible jour et nuit à l'usine de Beznau, contrairement à ce qui se passe avec les autres usines situées sur de grands cours d'eau pour lesquelles un tiers et même la moitié de l'eau disponible reste improductive, à moins que les usines ne soient reliées à un accumulateur hydraulique ou qu'elles ne disposent de réserves à vapeur.

Des calculs exacts indiquent que les installations hydrauliques de Beznau peuvent produire annuellement en moyenne 70 millions de kilowatts-heure.

Par la marche en parallèle avec l'usine du Löntsch, on pourra utiliser environ 90 0/0 de cette production, soit 63 millions de kilowatts-heure.

En tenant compte des conditions d'exploitation expérimentées et d'une déduction importante pour les pertes, l'usine du Löntsch pourra produire

environ 67 millions de kilowatts-heure. L'énergie annuellement disponible au tableau des deux usines sera donc de 130 millions de kilowatts-heure. Les puissances maxima atteindront probablement 45 à 50 000 ch, pour lesquels les installations de machines prévues, après le complet achèvement, seront largement suffisantes. En répartissant l'énergie annuelle sur une durée d'utilisation journalière de onze heures et en laissant de côté les dimanches et jours de fête, on arrive à une force d'environ 47 000 ch.

Ces installations sont donc appelées à devenir, dans un délai très court, peut-être les plus importantes de la Suisse.

Les puits artésiens en Australie. — On rencontre en Australie d'immenses étendues formées de plaines arides où l'absence totale d'eau ne permet presque aucune végétation et dont on ne peut tirer aucun parti. On a, depuis longtemps, cherché à obtenir de l'eau au moyen de puits artésiens et on a obtenu de très bons résultats dans cette voie.

Une communication récente de M. Percy Allan, devant l'Université de Sydney, sur les ressources artésiennes des Nouvelles-Galles du Sud et les rapports annuels de M. J.-B. Henderson, Ingénieur des eaux du Gouvernement du Queensland, donnent des renseignements des plus intéressants sur cette question.

Le premier sondage dans les Nouvelles-Galles du Sud fut fait en 1879 à la station de Killara, entre Boweke et Wilcarmia, ce sondage réussit mais il avait seulement 43 m de profondeur, aussi fut-il bientôt suivi d'un second de 322 m dont le débit atteignit 1 530 m³ par jour.

Ces sondages avaient été faits par des particuliers; le Gouvernement se mit lui-même à l'œuvre en 1884 et, de cette date à celle des rapports les plus récents, il avait été pratiqué plus de 412 sondages dont seulement 41 n'avaient pas donné de résultats. Sur ce total, 130 sondages avaient été faits par le Gouvernement.

Le sondage le plus profond est celui de Dolgelly, près de Moree, qui a 1 220 m de profondeur, mais celui qui tient le premier rang au point de vue du débit est celui d'Euraba, dans le même district, qui a une profondeur de 1 202 m avec un diamètre de 0,15 m au fond et qui débite 5 000 m³ par jour.

M. Allan cite les faits suivants relatifs au sondage de Rowena, près de Walgett. Ce sondage a été fait à une profondeur de 700 m environ, il débite 3 200 m³ par jour et a coûté 62 000 f; l'eau est distribuée par un système de canalisations de 65 km de développement, ayant coûté 20 000 f environ et arrose une étendue de 22 000 hectares. La dépense totale a été ainsi de 82 000 f et le bénéfice, d'après un rapport d'expert, est de 10 000 f par an. Le prix de l'eau livrée aux cultivateurs est de un quart de centime par mètre cube. La température de l'eau des puits est, à l'orifice, de 25 à 55 degrés centigrades, mais le contact de l'air abaisse rapidement cette température. Cependant, dans la partie la plus chaude des Nouvelles-Galles du Sud, il arrive fréquemment que la température de l'air est supérieure à celle de l'eau. Ainsi, les bains de Moree sont alimentés avec des eaux artésiennes à 40 degrés centigrades, venant de

840 m de profondeur et il n'est pas facile de distinguer ce qui est le plus frais, ou plutôt le moins chaud, de l'air ou de l'eau.

Dans le Queensland, le Gouvernement fut le premier à entrer dans cette voie par un sondage pratiqué à Blackall et il y en a actuellement 1 130 dont environ 11 0/0 ont été faits par le Gouvernement. Beaucoup de villes de l'intérieur sont maintenant alimentées d'eau par des puits artésiens, entre autres Blackall, Cunnamulla, Aramac, Charleville et Roma. Le sondage le plus profond est celui de Bimerah qui atteint une profondeur de 1 513 m, mais son débit est faible; la profondeur collective de tous les sondages de l'Etat atteint aujourd'hui 362 km. Le débit le plus élevé donné par un seul puits est de 18 000 m³ par 24 heures.

On a eu quelques difficultés par suite de la présence de sels alcalins dans les eaux de certains districts: d'après M. Henderson, ces sels sont nuisibles à la végétation dès que leur proportion dépasse 30 grains par gallon impérial, ce qui correspond à 0,44 kg par mètre cube ou 0,44 g par litre. En général, la proportion de ces sels dans l'eau dépasse celle qu'on observe dans les eaux artésiennes en Amérique, mais, d'autre part, dans ce dernier pays, le sol est plus imprégné de sel, de sorte que, tout compte fait, le sol finit par être plus salé qu'en Australie.

On admet généralement que, sauf exception, les eaux provenant des puits artésiens en Australie ne sont pas bonnes pour arroser les terres cultivées, sauf sur une très petite échelle : mais, à côté de cela, elles présentent d'immenses ressources pour alimenter les bestiaux de toute espèce en tout temps et préserver leur existence dans les périodes de sécheresse. Un sondage débitant 4 500 m³ par jour, lequel ne suffirait qu'à irriguer 160 hectares, alimentera les bestiaux correspondant à une superficie de 32 000 hectares.

On trouve en Australie des bandes de terre de 800 à 1 500 m de largeur, traversant toute l'étendue des Nouvelles-Galles du Sud dans toutes les directions; ces bandes, réservées par le Gouvernement pour une vente ultérieure, servent pour le transit d'une partie à l'autre du pays des troupeaux qui vivent sur le sol pendant le parcours. A la rencontre de ces espèces de routes, on a foré des puits à raison de un pour 300 ha de terrains réservés.

Si on compte ces puits, on trouve, d'après les rapports les plus récents, qu'il y a dans les Nouvelles-Galles du Sud, 114 puits donnant de l'eau, établis par le Gouvernement et desservant 850 800 ha de terrains; plus 257 puits, forés par des particuliers, et desservant environ 1 800 000 ha.

Dans le Queensland, soit par mauvaise chance, soit par mauvaise organisation, la proportion des sondages productifs au total est beaucoup plus faible. Les premiers sont au nombre de 596, ils ont presque tous été établis par l'initiative privée. Leur débit total est estimé à près de 1 800 millions de mètres cubes d'eau.

Si l'agriculture a fait, dans ces dernières années, de très grands progrès en Australie, il ne faut pas perdre de vue que l'élevage des bestiaux sera toujours la base de la prospérité du pays, et une des branches de cette industrie, la production de la laine, qui alimente déjà le monde entier, est loin d'avoir acquis tout le développement dont elle est susceptible.

Concentration des minerais par l'huile. — L'extraction des dernières particules de métal contenues dans les minerais est un problème qui a exercé dans une très large mesure l'imagination des inventeurs. On a proposé un grand nombre de solutions et notamment de nombreux procédés mécaniques ont été employés pour arriver au résultat cherché, mais aucun d'eux ne paraît avoir réussi.

Un procédé très intéressant est basé sur le principe de la pesanteur et un perfectionnement des plus importants a été apporté récemment par M. Elmore; ce perfectionnement repose sur l'emploi de l'huile.

On recouvre les particules métalliques d'une légère couche graisseuse; elles sont ensuite entrainées dans un séparateur contenant de l'eau où, grâce à un vide partiel, elles montent à la surface du liquide où elles sont recueillies.

Des installations de ce genre existent en Angleterre, en Suède et en Australie et donnent des résultats très satisfaisants.

Voici comment se passent les opérations : le minerai broyé est déversé dans une trémie de décantation d'où il passe dans un réservoir d'alimentation dont le débit est réglé par un régulateur, pour être ensuite déversé dans le mélangeur. Celui-ci reçoit en même temps l'huile nécessaire provenant d'un baril d'où elle est entrainée par de l'eau qu'on introduit par un robinet placé au-dessus.

On varie la quantité d'huile suivant la nature du minerai. Souvent une très faible quantité suffit pour opérer la séparation, plus rarement la proportion dépasse 2 kg par tonne de minerai. Cette huile peut être quelconque, animale, végétale ou minérale, même des résidus peuvent être utilisés.

Pour le traitement de certains minerais, il a été jugé utile d'ajouter au mélange à son entrée dans le malaxeur certains acides pour activer le fixage de l'huile aux particules métalliques.

Des ailettes mélangent intimement la boue et l'huile, laquelle semble disparaitre pendant cette opération; en réalité, elle accomplit sa fonction essentielle : rechercher les parties métalliques. Du mélangeur le minerai tombe dans un récipient d'où il est élevé par des conduites dans le séparateur. Les deux conduites ont ordinairement de 7 à 9 m de longueur et sont fermées hermétiquement; après amorçage, elles forment siphon ; le débit suffit à alimenter le séparateur.

Lorsque la boue arrive dans le séparateur, le vide produit par une pompe provoque le dégagement partiel ou total des bulles d'air en suspension dans l'eau; celles-ci se fixent aux particules métalliques graissées pour les amener à la surface de l'eau d'où elles s'échappent sous forme de minerai riche par-dessus le bord circulaire du séparateur pour se déverser dans un récipient spécial. Les matières étrangères restent au fond du séparateur d'où on les enlève par les tuyaux de décharge.

Sur le fond du séparateur se meuvent des rateaux actionnés par une vis sans fin de façon à agiter constamment la masse boueuse pour faciliter le dégagement des parties métalliques et assurer la décharge régulière des stériles.

Le nombre de pièces mobiles dans l'installation Elmore est insignifiant; comprend la pompe à air, les ailettes du mélangeur et les rateaux du

séparateur, le tout actionné par un moteur de 2 à 2 1/2 chx. Une installation sans séparateur de 1,50 m de diamètre est susceptible de traiter 35 à 40 tonnes de minerai par jour, selon la nature de ce minerai.

Les deux principaux avantages de cette méthode sont les suivants : 1° pas de triage, quant à la dimension des schlamms; 2° application à un grand nombre de métaux.

Le traitement appliqué aux sulfures de mercure et aux pyrites de fer contenant de l'or ainsi qu'aux métaux à l'état natif tels que l'or, l'argent, le cuivre donne des résultats surprenants. Ainsi, du minerai d'or australien contenant 0,22 once de métal à la tonne et traité par ce procédé donnait un métal enrichi de 1,01 once et un pourcentage d'extraction de 86,6 ; du minerai d'argent quartzeux, contenant 10,32 onces à la tonne, a été enrichi à 77,45 avec un pourcentage d'extraction de 96,78; des minerais de cuivre formés de carbonate de fer et de chalcopyrite donnant 2,56 onces ont été enrichis à 17,60 onces avec un rendement de 96.2 et de 96.3 0/0. Nous reproduisons ces renseignements du *Bulletin de l'Union des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Louvain*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOVEMBRE 1907.

Rapport de M. VIOLLE sur les **pyromètres thermo-électriques industriels** de MM. CHAUVIN et ARNOUX.

Le galvanomètre employé avec ces instruments est le type dit de contrôle, à très faible distance, dû aux mêmes inventeurs. Pour les températures inférieures à 1 100 degrés, on se sert du couple fer-constantan, sous la forme d'une canne creuse en fer, à l'intérieur de laquelle est tendu un fil de constantan soudé électriquement, sans aucune brasure, au bout fermé de la canne.

Pour les températures supérieures on a employé une disposition très ingénieuse, consistant à faire la mesure en deux échelons; on se sert d'un couple Le Chatelier dont la longueur est réduite à la portion de la canne dont la température pourra dépasser 1 100 degrés et, pour le reste, on a gardé le couple fer-constantan. Pour n'employer qu'un galvanomètre, on a cherché à réduire l'action galvanométrique du couple fer-constantan, à être la continuation de celle du couple platine-platine iridié et, à cet effet, on a établi un shunt sur le circuit fer-constantan.

Ces appareils sont d'un emploi facile et d'une exactitude très satisfaisante.

L'industrie silico-calcaire, conférence par M. LEDUC, chef de la section des matériaux de construction du laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.

Les principes de l'industrie silico-calcaire paraissent avoir été indiqués d'abord par Michaelis en 1880; elle s'est ensuite développée sous l'impulsion de techniciens, tels que Olschewski, Guttmann, Schwartz et autres, et a acquis un haut degré de prospérité. Il y a en Allemagne, la plupart aux environs de Berlin, plus de deux cents usines produisant de 800 millions à 1 milliard de briques par an. Une usine, qui est la plus importante du monde, à Niederlehem, produit 500 000 briques par jour. En France, on compte déjà un assez grand nombre de fabriques, dont une à Paris même, dans les locaux de la Raffinerie Say.

L'auteur entre dans d'assez grands développements sur les diverses phases de la fabrication, les matériaux employés, et termine par d'intéressants détails sur la pierre silico-calcaire qui, entre autres avantages, présente celui d'être indécomposable à l'eau de mer.

Notes économiques, par M. Maurice Alfassa. — La réduction de la journée à huit heures. — L'expérience des établissements industriels de l'État en France, les expériences étrangères *(suite et fin)*.

L'auteur a précédemment exposé que les enquêtes sur les conséquences de la réduction de la journée de huit heures dans les établissements de l'État avaient donné des résultats très contradictoires, et certains allant jusqu'à attribuer à cette réduction une augmentation de 15 0/0. Une des difficultés qui rendent malaisée une constatation rigoureuse du résultat est la coïncidence de la réduction de la journée à huit heures et la suppression du travail à la tâche.

M. Alfassa discute les causes pour lesquelles on ne peut discerner d'une manière efficace l'effet propre de la journée de huit heures, et cherche à démontrer que l'on ne peut conclure à la supériorité de l'industrie privée sur celle de l'État, parce que les conditions de travail ne sont pas les mêmes; il estime que la cause principale de l'infériorité apparente de la seconde est due à l'irrégularité qui existe dans le travail et dont il recherche les causes.

La note passe ensuite en revue les expériences faites à l'étranger et dont les résultats, tout en étant en général en faveur de la journée de huit heures, ne paraissent pas cependant absolument démonstratifs. Toutefois, l'auteur est disposé à admettre qu'il est bien des cas où, en France, comme dans d'autres pays, la journée de huit heures pourrait être établie, non seulement sans porter préjudice, mais même avec avantage pour l'industrie.

Rapport définitif de la Commission pour l'**étude comparative du blanc de zinc et de la céruse.**

Il s'agissait de constater l'état, au bout de cinq ans, d'échantillons des deux peintures.

Les conclusions sont que les deux matières se sont également bien comportées, sauf que, dans deux cas, la conservation paraît un peu meilleure pour la céruse.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Voici les principales questions traitées dans ces notes : Synthèse chimique appliquée à la biologie. — Actions chimiques de l'émanation du radium. — Fabrication du phosphore. — Fabrication électrolytique des alcalis et des décolorants. — Saphirs et corindons. — L'électrométallurgie depuis vingt ans. — L'industrie actuelle de l'aluminium. — Les fours à coke modernes. — Accidents dus au gaz des moteurs à essence. — La tourbe d'Irlande. — Le tétrachlorure de carbone comme dissolvant. — Vinaigre de vin et vinaigre industriel. — Sur la congélation des albumines. — Combinaison de la caséine avec les acides. — Emploi des feldspaths. — Engrais toxiques. — Le développement des médicaments. — Pain au maïs, etc.

Notes de mécanique.

Nous trouvons dans ces notes : une étude sur la puissance indiquée

et le rendement organique des moteurs à gaz; la description de la machine à essayer à contrôle électrique automatique de Wicksteed, et le décret du 9 octobre 1907 portant règlement pour les appareils à vapeur à terre.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1907.

DISTRICT DE PARIS.

Réunion du 31 octobre 1907.

Communication de M. DURNERIN sur les **températures observées dans les sondages** exécutés en Meurthe-et-Moselle.

L'auteur signale les difficultés qu'on éprouve pour relever les températures dans les sondages, et les causes d'erreur qui tendent à fausser les observations; les principales de ces causes sont des courants liquides en circulation, l'injection d'eau dans les sondages, les phénomènes d'oxydation dans le charbon ou dans les formations pyriteuses. Les observations ont donné, pour le degré géothermique, des profondeurs variables, suivant la nature du terrain entre les extrêmes de 53 m pour le grès triasique et 16,5 à 20 m pour les conglomérats houillers à ciment argileux.

Ces observations ont confirmé, ce qu'on savait déjà, que la température est d'autant plus élevée que l'étage est plus ancien. De multiples actions perturbatrices interviennent d'ailleurs pour modifier la valeur géothermique et en accentuer le caractère contingent, de même que pour la longueur du conducteur électrique donnant la chute de potentiel d'un volt. La comparaison avec les circuits électriques permet, par les lois de Kirschoff ou des courants dérivés, de préciser certaines de ces actions. Le degré géothermique doit varier avec le relief de la surface, la latitude, la plus ou moins grande proximité d'une masse d'eau, l'inclinaison des bancs, etc.

En résumé, on doit peut-être s'attendre à trouver, dans l'exploitation future de la houille en Lorraine française, à des températures relativement élevées qui nécessiteront un aérage intensif, sinon même des moyens de refroidissement artificiels, tels que ceux qui ont été employés au Simplon.

Communication de M. LENICQUE sur le **traitement comparatif sur crible à grilles filtrantes et sur tables oscillantes.**

Des essais comparatifs ont été faits sur deux appareils avec des minerais provenant des mêmes trommels classificateurs. On a trouvé par le rendement en plomb et en zinc, ainsi que la teneur des stériles, que le traitement des sables est beaucoup plus avantageux avec les cribles bien

réglés qu'avec les tables oscillantes; les premiers ont d'ailleurs l'avantage d'avoir un débit beaucoup plus considérable. Il s'agit là de sable de 1 à 1,5 mm; pour les sables de 1/2 à 1/5 de millimètre, les tables oscillantes donnent de très bons résultats.

M. Lenicque donne des détails sur un électro-trieur dans lequel il a substitué une surface hérissée de protubérances aimantées à la surface lisse ordinairement employée, cette disposition favorise le contact des particules avec les parties aimantées et accroît le rendement de l'appareil dans une assez large mesure.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 51. — *21 décembre 1907.*

Influence de la contre-pression de la vapeur sur la dépense des machines à piston, par C. Eberle.

Valeur économique des ascenseurs pour bateaux, par M. Bertschinger (*fin*).

Installations de dessèchement de la commune de Wilmersdorf, par Müller (*fin*).

Groupe de Berlin. — Compte rendu du Congrès de Dusseldorf pour la législation pour la protection industrielle.

Revue. — L'Exposition internationale d'Automobiles à Berlin. — Activité des établissements royaux d'essais des matériaux en 1906. — Indicateur optique de B. Hopkinson. — Consommation d'eau de Berlin.

N° 52. — *28 décembre 1907.*

Notice nécrologique sur Gustave Zeuner.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frölich (*fin*).

Nouvelles machines de l'industrie textile dans les dernières expositions, par G. Rohn (*suite*).

Essai du choc pour les matériaux, par Ehrensberger (*fin*).

Influence de la contre-pression de la vapeur sur la dépense des machines à piston, par C. Eberle (*fin*).

Prétendus dangers du gaz d'éclairage.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Clapets électriques.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Signaux sous-marins.

Revue. — Automobiles électriques pour chemins de fer à l'Exposition de l'Automobilisme à Berlin. — Chaudières marines à surchauffeur Niclausse.

N° 1. — *4 janvier 1908.*

Construction et emploi des machines soufflantes à moteurs à gaz, par H. Baer et H. Boote.

Chaudières à tubes d'eau pour navires de guerre, par C. Strebel.

Les nouveaux chemins de fer alpins au point de vue des relations commerciales entre l'Allemagne et la Suisse, par H. Cox.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Cuves de gazomètres. — L'électrotechnique en Angleterre.

Groupe de Thuringe. — Développement des transmissions électriques de force dans les mines et usines métallurgiques.

Bibliographie. — Annuaire pratique de construction de machines, par Fezur Nedden.

Revue. — La seconde Exposition internationale d'Automobilisme à Berlin. — Boite à graisse pour essieux. — Hauts fourneaux de la Société de Witkowitz. — Les aciéries du Gouvernement au Japon. — Coffre-fort de la Carnegie Safe Deposit Company, à New-York.

N° 2. — *11 janvier 1908.*

Installations d'épuisement, en Égypte, avec machines construites par Sulzer frères, à Winterthur, par E. F. Huber.

Construction et emploi des machines soufflantes à moteurs à gaz, par H. Baer et H. Boote *(fin)*.

Les nouveaux chemins de fer alpins au point de vue des relations commerciales entre l'Allemagne et la Suisse, par H. Cox *(fin)*.

Assemblée générale des maitres de forges allemands, le 2 décembre 1907, à Dusseldorf.

Groupe de Dresde. — La soudure autogène.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat.

Groupe de Poméranie. — Emploi des machines-outils.

Bibliographie. — Application de la théorie mécanique de la chaleur aux problèmes cosmologiques et météorologiques, par R. Emden,

Revue. — Traction électrique sur les lignes desservant les hauts fourneaux de la Moselle, avec courant continu à 2 000 volts. — Résistance de colonnes en béton armé.

N° 3. — *18 janvier 1908.*

Recherches sur la circulation des gaz dans des conduits cylindriques, par Fritzache.

L'usine Frédéric-Alfred, à Reinhausen, par N. Froeck.

Chaudières à tubes d'eau pour navires de guerre, par C. Strebel *(suite)*.

Combles en bois à grande portée, par W. Treptow.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Nouvelle lampe à quartz.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Protection contre la reproduction des catalogues industriels.

Revue. — Les contre-torpilleurs *Cossack* et *Mohawk*, de la marine anglaise. — Etat des travaux du Canal de Panama. — Machines à percer à seize forets, de la Crave Company. — Gazogène pour moteurs à gaz, alimenté avec des briquettes de lignite.

N° 4. — *25 janvier 1908.*

Transporteurs continus, par G. von Hauffstengel.
Chaudières à tubes d'eau pour navires de guerre, par C. Strebel *(fin).*
Distribution Heusinger Walschaerts, par L. Baudiss.
Freins Siemens, par A. Mykisch.
Groupe de Cologne. — Fours verticaux de l'usine à gaz de Cologne.
Groupe de Schleswig-Holstein. — Développement et état actuel de la turbine à vapeur, particulièrement au point de vue de la turbine Zoelly.
Groupe de Wurtemberg. — Qualités et défauts des matériaux au point de vue des essais de résistance.
Bibliographie. — Recherches sur les planchers en ciment armé, par Müller.
Lord Kelvin, par K. Meyer.
Revue. — Conduits pour passage de câbles dans les parois des tunnels — Nouveau pyromètre de Wagner. — Appareils Marconi pour la télégraphie sans fil sur les paquebots transatlantiques.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Ports maritimes, par C. de Cordemoy (1).

M. de Cordemoy publie dans « la Bibliothèque du Conducteur des Travaux publics » un ouvrage en deux volumes sur les *Ports Maritimes*.

Le premier volume renferme de nombreux documents sur toutes les matières concernant la navigation.

Dans vingt-sept chapitres l'auteur étudie successivement :

La mer : profondeurs, températures, et courants.

Les vents : régimes et pressions, tempêtes et cyclones.

Les ondes liquides : translation et oscillation.

Les vagues : théorie, formation, mesure de leur puissance.

Les marées : théorie de Newton ; marégraphes, courbes, marées fluviales, caractères du flot, mascaret, etc.

Les courants : Gulf Stream, effet des courants, contre-courants.

Les Côtes : érosions, falaises et dunes.

Les barres et deltas : barres marines, barres rocheuses, estuaires.

Plusieurs chapitres sont consacrés aux *travaux maritimes :* protection des côtes, rades et ports ; études d'un établissement maritime ; ouvrages divers des ports de différents systèmes : jetées, môles, digues, appontements, etc.

Le matériel : dragues, transporteurs, dérocteuses, etc., et les matériaux de construction, bois, métaux et mortiers, sont aussi étudiés.

Ce volume contient encore l'étude des fleuves et estuaires, l'éclairage des phares et bouées.

Enfin, on y trouve des notions de cosmographie, d'hydrographie et de navigation, ainsi que des renseignements sur les navires de différents types à voile et à vapeur.

Le second volume traite des *procédés d'exécution :* travaux à l'air comprimé ;

Construction des jetées, des môles, des digues et des ouvrages extérieurs ; des ponts mobiles ; des écluses et des quais avec leurs accessoires.

Utilisation des ports : ports naturels, ports de refuge et ports militaires.

Enfin de nombreux exemples sont cités principalement en Europe.

L'ouvrage de M. de Cordemoy est, en somme, très complet et sera utilement consulté par les Ingénieurs et les constructeurs d'ouvrages maritimes. J.-G.

(1) 2 vol. in-16, 185 × 120 de VIII-576 p. avec 327 fig. et de VIII-571 p. avec 687 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1907-1908. Prix : relié, 15 f le volume.

IIIe SECTION

Les richesses minérales de Madagascar (1), par le docteur Antoine Merle, Contrôleur des Mines, Professeur de Géologie et Minéralogie appliquées à l'École spéciale des Travaux publics.

M. le docteur Antoine Merle s'est proposé de « démontrer à tous que la tâche à entreprendre à Madagascar est vaste et bien digne, par sa beauté, de solliciter les jeunes énergies ». Il ressort nettement de sa brochure, en effet, que nous ne savons presque rien des richesses de notre vaste possession; elles sont donc à trouver et à exploiter, si elles existent. La brochure se termine par le texte du décret du 20 juillet 1897, fixant le régime des mines autres que celles des métaux précieux et des pierres précieuses et celui du décret du 23 mai 1907 portant réglementation de la recherche et de l'exploitation de l'or, des métaux précieux et des pierres précieuses, La connaissance de ces décrets est indispensable aux prospecteurs qui voudraient se rendre à Madagascar, car *a priori* ils ne pourraient se douter des difficultés d'ordre administratif qu'ils rencontreront dans cette colonie qui aurait bien besoin cependant d'être mise en valeur.

J. B.

Agendas Dunod 1908. — *Mines et Métallurgie* (2), par M. David Levat. 30e édition.

L'éloge des Agendas Dunod n'est plus à faire; tout Ingénieur a sur sa table le petit livre qui convient à sa spécialité et où il est sûr de trouver les renseignements pratiques dont il peut avoir besoin. Celui relatif aux mines et à la métallurgie, pour 1908, est à la hauteur de la bonne réputation de cette publication. Toutefois, il est à regretter que dans un ouvrage, par ailleurs si soigné, le tableau de la classification des terrains renferme de nombreuses fautes d'impression; les noms des terrains sont déjà bizarres par eux-mêmes, mais du moins ils proviennent de régions ou de localités que l'on connaît plus ou moins, ce qui en facilite le souvenir; beaucoup de ces noms, tels qu'ils sont imprimés dans le tableau en question, sont absolument méconnaissables ou même grotesques.

J. B.

(1) In-8° 250 × 165 de 54 pages avec une carte. Paris, 1908, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands Augustins. Prix, broché : 3 f.

(2) In-16 150 × 110 de 30 × 277, 64 pages. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins. Prix, relié : 2,50 f.

Exploitation du pétrole (1). — *Historique. Extraction. Procédés de sondage. Géographie et géologie. Recherche des gîtes. Exploitation des gisements. Chimie. Théories de la formation du pétrole*, par L.-C. Tassart, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ancien répétiteur à l'école centrale des Arts et Manufactures, Ingénieur d'exploitations de pétrole.

Dans sa préface, M. Tassart fait remarquer, avec raison, que l'industrie du pétrole est une de celles qui semblent le moins intéresser les Français; le fait s'explique par l'ignorance dans laquelle ils se trouvent de ce qu'est cette industrie qui n'existe pas chez eux et qu'ils ne connaissent que par des articles de journaux qui souvent sont peu faits pour inspirer confiance. Cependant c'est une industrie des plus sérieuses et l'ouvrage de M. L.-C. Tassart en donne le sentiment, car il montre avec quelle méthode il est procédé aux recherches et à l'exploitation du pétrole; l'esprit scientifique tend à se substituer progressivement à l'empirisme.

M. Tassart commence par donner les procédés employés pour l'extraction du pétrole brut; il décrit, entre autres, certains procédés de sondage très employés en Amérique, mais encore peu connus en France. Cette partie de son travail renferme beaucoup de renseignements pratiques, qui sont toujours difficiles à trouver.

La distribution géographique et géologique du pétrole fait l'objet du chapitre le plus important du livre (p. 143 à 564). Ce n'est pas une simple énumération des gîtes pétrolifères; mais très souvent les conditions de gisement sont relatées. Évidemment, la plupart des renseignements, fournis par l'auteur, sont tirés d'ouvrages antérieurs, et M. Tassart le dit lui-même; mais peut-être aurait-il bien fait de donner les références bibliographiques qui sont parfois si utiles; il y a là une lacune qui se fait d'ailleurs sentir dans tout l'ouvrage.

Le chapitre relatif à la recherche des gîtes pétrolifères est traité de façon remarquable et les conseils de prudence comme de persévérance que donne l'auteur conviennent tout particulièrement à ce genre de prospection.

Une fois le gîte trouvé, M. L.-C. Tassart dit comment il faut l'exploiter; là, l'auteur fait appel à son expérience personnelle et donne des renseignements très intéressants sur l'élévateur à air comprimé, sur la façon dont il faut isoler les couches aquifères, sur le torpillage des puits, sur le captage des puits jaillissants; ce sont des procédés très peu connus en France et qui pourraient trouver leur application en dehors de l'industrie du pétrole.

L'ouvrage se termine par une étude des propriétés physiques et chimiques du pétrole, au point de vue général comme au point de vue régional, et par un exposé des théories concernant l'origine du pétrole. Si M. L.-C. Tassart avait eu connaissance des récents travaux de Potonié, peut-être serait-il moins affirmatif sur l'origine minérale et profonde du pétrole.

(1) In-8° 185 × 190 de 15-726 pages, avec 310 fig. et 17 planches. Paris, 1908, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins. Prix, broché : 35 f.

En résumé, ce livre atteint le but que s'est proposé son auteur : il intéresse à l'industrie du pétrole parce qu'il fait bien comprendre ce qu'elle est. Il fallait pour cela l'érudition de l'auteur, sa compétence et sa clarté de style.

J. B.

Ve SECTION

Agenda Dunod 1908 : *Chimie*, par M. Émile Javet, Ingénieur-chimiste (1).

Tous ceux qui s'occupent de Chimie connaissent le petit Agenda Dunod et beaucoup utilisent les renseignements aussi nombreux que variés qu'il renferme.

MM. Dunod et Pinat, éditeurs, nous présentent pour 1908 une vingt-neuvième édition, revue et augmentée. Tenu ainsi au courant des nouveautés scientifiques et industrielles, ce petit agenda rend chaque année de nouveaux services, et il peut être considéré comme l'auxiliaire indispensable de tous ceux qui s'occupent de sciences appliquées.

Nous appelons donc l'attention de nos Collègues sur cet intéressant ouvrage, qui a sa place marquée dans leurs bibliothèques, et nous n'hésitons pas à le recommander à tous les praticiens de la Chimie, Industriels, directeurs et contre-maîtres d'usines.

E. L.

Guide des préparations organiques à l'usage des étudiants, par M. Emile Fischer, Professeur de Chimie à l'Université de Berlin. Traduit par MM. H. Decker et G. Dunant (2).

La première édition de ce petit guide a été publiée en 1887. La septième édition, que MM. H. Decker et G. Dunant ont traduite, représente donc l'expérience pédagogique retirée de l'enseignement pratique d'un quart de siècle dans les laboratoires de M. Fischer.

Le manuel de M. Fischer se recommande par le choix et l'ordre des préparations au point de vue pédagogique, et aussi par la clarté et la précision de ses indications.

La première partie contient les préparations spécialement destinées aux chimistes.

La seconde partie est avant tout réservée aux médecins et aux biologistes, qui veulent se familiariser avec les méthodes de chimie organique.

Ce guide, bien conçu, peut rendre de précieux services à l'étudiant, qui ne néglige pas l'étude théorique des ouvrages généraux de chimie organique.

F. C.

(1) In-16, 150 × 110, de 22-xxi-378-lxiv p. Paris, 1908. H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : relié, 2,50 f.

(2) Un volume in-16, 185 × 120, de xvii-110 pages, avec 19 figures, Paris, 1907. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 2,50 f.

Les divers procédés de conservation des viandes, par Paul Razous et Raymond Nourrissé (1).

Cet opuscule passe en revue les divers procédés de conservation des viandes français et étrangers.

Un premier chapitre traite de la conservation par les antiseptiques, procédé peu recommandable.

Le second intéresse plus particulièrement les fabricants de conserves : il décrit les nouveaux procédés de cuisson et stérilisation.

Les troisième et quatrième chapitres sont consacrés à la conservation par le froid. Les dispositifs d'un frigorifique, la réfrigération, la congélation et la décongélation des viandes de boucherie, de la volaille et du gibier y sont étudiés en détail, ainsi que le traitement de la viande de porc par les méthodes américaines.

Enfin, dans un dernier chapitre, les auteurs décrivent les procédés par dessiccation et terminent leur consciencieux ouvrage par l'étude de préparation des albumines et poudres de viande, ainsi que par la fabrication des extraits.

Ed. C.

VIe SECTION

Agenda Dunod 1908. — *Électricité*, par J.-A. Montpellier, rédacteur en chef de l'*Électricien* (2).

Cet ouvrage bien connu est particulièrement intéressant cette année parce qu'il renferme la liste, par ordre alphabétique, des villes et communes de France dans lesquelles il existe une distribution publique d'énergie électrique. Il convient de féliciter l'auteur du soin méticuleux apporté à ce travail.

P. S.

(1) In-8°, 250 × 160, de II-79 p. Paris, 1907. Société d'éditions techniques, 16, rue du Pont-Neuf. Prix : broché, 3 f.

(2) In-16, 150 × 110 de 26-VIII-325-LXIV p. Paris, 1908. H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1908. Prix, relié : 2,50 f.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1908

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN FRANÇAIS	
Académie des Sciences (Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l')	52
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires de l')	1
Actualités Scientifiques	1
Aéronaute (L')	12
Almanach Hachette	1
Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal	52
Annales de la Construction (Nouvelles)	12
Annales des Chemins Vicinaux	12
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	24
Annales des Mines	12
Annales des Mines de Belgique (Bruxelles)	4
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Administrative	6
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique	6
Annales des Travaux Publics de Belgique	6
Annales du Commerce Extérieur	12
Annales du Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles	1
Année Scientifique et Industrielle (L')	1
Année Technique (L')	1
Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)	1
Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France	1
Annuaire de la Librairie Française	1
Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique	1
Annuaire des Journaux	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Annuaire des Longitudes	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	1
Annuaire du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères	1
Annuaire Marchal des Chemins de Fer et des Tramways	1
Annuaire Statistique de la France	1
Annuaire Statistique de la Ville de Paris	1
Annual Baudry de Saunier. Manuel Général de l'Industrie Automobile	1
Architecture (L'). Cours des Matériaux de Construction dans la Ville de Paris	52
Architecture (L'). Journal Hebdomadaire de la Société Centrale des Architectes Français	52
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin de l')	12
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin Mensuel de l')	12
Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef des)	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin de l')	12
Association des Élèves sortis de l'École Industrielle de Liège (Bulletin de l')	6
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail. Bulletin Bimestriel	6
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin de l')	1
Association des Ingénieurs de l'École des Mines de Mons (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs de l'École des Mines de Mons (Publications de l')	4
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin de l')	12
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire de l')	5
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales de l')	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France. Bulletin	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes Rendus des Sessions	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Informations et Documents divers	4
Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin de l')	1
Association Internationale pour l'Essai des Matériaux de Construction (Réunion des Membres Français et Belges de l') (Paris)	?
Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire de l')	1
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur. Bulletin Annuel	1
Association Polytechnique (Bulletin Mensuel de l')	12
Association Technique Maritime (Bulletin de l')	1
Béton Armé (Le)	12
Bibliographie de la France. Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	52
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie	12
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	12
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	12
Bulletin International de l'Électricité et Journal de l'Électricité réunis	24
Bulletin Municipal Officiel de la Ville de Paris	365
Bulletin Technique de la Suisse Romande. Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes (Lausanne)	24
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires du)	?
Capitaliste (Le)	52
Céramique et les Matériaux de Construction (La)	24
Chambres de Commerce (Le Journal des)	24
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-Verbaux des Séances de la)	12
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique Mensuelle de la)	12
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Chambre de Commerce de Paris (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin de la)	12
Chambre des Propriétaires (La). Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris	24
Chambre Syndicale des Constructeurs de Machines Agricoles de France . . .	12
Chemin de Fer du Nord. Rapport présenté par le Conseil d'Administration . .	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes. Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte Rendu des Opérations.	1
Ciment (Le)	12
Club Aéronautique de l'Aube. Bulletin Annuel	1
Comité Central des Houillères de France (Annuaire du)	1
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe.	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin du).	12
Comité des Forges de France (Annuaire du).	1
Comité des Forges de France (Bulletin du)	?
Comité des Forges de France (Circulaires)	?
Comité Permanent des Congrès Internationaux d'Assurances Sociales (Bulletin du).	4
Compagnie Générale des Voitures à Paris. Rapport du Conseil d'Administration	1
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès . .	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	1
Congrès International des Chemins de Fer (Bulletin de l'Association du) . . .	12
Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du Département de la Seine (Compte Rendu des Séances du).	26
Conseil Supérieur du Travail.	1
Conservatoire National des Arts et Métiers. Rapport général du Conseil d'Administration	1
Construction Moderne (La)	52
Cosmos (Le)	52
Cycle et Automobile Industriels	52
Écho des Mines et de la Métallurgie (L').	104
Ecole Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des Travaux de Vacances des Élèves	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de Dessins distribués aux Élèves. Légendes Explicatives des Planches	?
École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir : Annales des Ponts et Chaussées)	»
École Nationale Supérieure des Mines (Voir : Annales des Mines)	»
École Spéciale d'Architecture. Concours de Sortie	1
École Spéciale d'Architecture. Séance d'Ouverture	1
École Spéciale de Travaux Publics (Voir : L'Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics)	»
Économiste Français (L')	52
Électricien (L')	52
Études Professionnelles. Bâtiment et Travaux publics (Questions Économiques et Sociales)	12
France Automobile (La)	52
Génie Civil (Le)	52
Glace et les Industries du Froid (La)	12
Globe Trotter (Le)	52
Houille Blanche (La) Revue générale des Forces Hydro-Électriques et de leurs Applications	12
Industrie Électrique (L')	24
Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics (L') Revue trimestrielle. Organe Officiel de l'Association Amicale des Élèves et anciens Élèves de l'École Spéciale de Travaux Publics	4
Inspection du Travail et de l'Hygiène Industrielle (Bulletin de l')	6
Institut des Actuaires Français (Bulletin de l')	4
Institut Égyptien (Bulletin de l')	8
Inventions Illustrées (Les)	52
Journal Amusant (Le)	52
Journal d'Agriculture Pratique	52
Journal de l'Éclairage au Gaz et à l'Électricité	24
Journal de l'Électrolyse et du Four Électrique	24
Journal de la Meunerie	12
Journal des Chemins de Fer	52
Journal des Fabricants de Sucre	52
Journal des Travaux Publics	104

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Journal des Usines à Gaz	24
Journal du Pétrole et des Industries qui s'y rattachent	36
Journal Officiel	365
Journal Spécial des Sociétés Françaises par Actions	104
Journal Technique et Industriel	24
Journal Télégraphique (Berne)	12
Laboratoire d'Essais Mécaniques, Physiques, Chimiques et de Machines du Conservatoire National des Arts et Métiers (Bulletin du)	?
Locomotion Automobile (La)	52
Lumière Électrique (La). Revue Universelle d'Électricité	52
Marine Française (La)	12
Mémorial du Génie Maritime	2
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	52
Mois Chimique et Électro-Chimique (Le)	12
Mois Minier et Métallurgique (Le)	12
Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations	12
Monde Illustré (Le)	52
Moniteur de l'Entreprise et de l'Industrie (Organe Officiel des Chambres Syndicales de la Ville de Paris et du Département de la Seine)	52
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	24
Moniteur de la Papeterie Française et de l'Industrie du Papier (Le)	24
Moniteur des Fils et Tissus	52
Moniteur des Intérêts Matériels	156
Moniteur Officiel du Commerce	52
Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville	12
Mouvement Industriel et les Brevets Français (Le)	46
Musée Social (Annales)	12
Musée Social (Mémoires et Documents)	12
Nature (La)	52
Observatoire de Nice (Annales de l')	?
Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales de l')	?
Office Colonial (Bulletin de l')	12
Office du Travail (Bulletin de l')	12
Office National du Commerce Extérieur. Extrait des Rapports. Pièces Annexes	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Papier (Le)	24
Paris-Hachette. Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.	1
Portefeuille Économique des Machines	12
Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin des)	4
Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure	24
Quinzaine Coloniale (La). Organe de l'Union Coloniale Française	24
Radium (Le). La Radioactivité et les Radiations; les Sciences qui s'y rattachent et leurs Applications	12
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)	52
Rapports sur l'Application des Lois réglementant le Travail	1
Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)	1
Réforme Économique (La)	46
Réforme Sociale (La)	24
Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce.	4
Répertoire des Industries, Gaz et Électricité	1
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	12
Répertoire Général de Chimie Pure et Appliquée	24
Répertoire Général des Fournisseurs de l'Armée, de la Marine et des Travaux Publics	1
Revue Coloniale	12
Revue d'Artillerie	12
Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire	12
Revue de Chimie Industrielle et Revue de Physique et de Chimie et de leurs Applications Industrielles	12
Revue de l'Ingénieur et Index Technique	12
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	6
Revue de Mécanique	12
Revue de Métallurgie	12
Revue des Matériaux de Construction et de Travaux Publics	12
Revue du Génie Militaire	12
Revue Électrique (La). (Organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité)	24
Revue Française de Construction Automobile	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Revue *Générale de Chimie Pure et Appliquée*	24
Revue *Générale de l'Acétylène*	24
Revue *Générale des Chemins de Fer et des Tramways*	12
Revue *Générale des Sciences Pures et Appliquées*	24
Revue *Horticole*	24
Revue *Industrielle*	52
Revue *Maritime*	12
Revue *Minéralurgique (La), Mines, Métallurgie, Travaux Publics*	12
Revue *Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest*	12
Revue *Polytechnique (La). Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève*	24
Revue *Scientifique*	52
Revue *Universelle des Mines, de la Métallurgie, des Travaux Publics, des Sciences et des Arts appliqués à l'Industrie*	12
Semaine *Financière (La)*	52
Société *Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube (Mémoires de la)*	1
Société *Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration*	1
Société *Astronomique de France (Bulletin de la)*	12
Société *Belge d'Électriciens (Bulletin de la)*	12
Société *Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la) Mémoires)*	4
Société *Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la) Procès-verbal)*	12
Société *Belge des Ingénieurs et des Industriels (Liste des Membres)*	1
Société *Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport Annuel*	1
Société *d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales de la)*	4
Société *d'Économie Politique (Bulletin de la)*	1
Société *d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin de la)*	12
Société *d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Compte Rendu bi-Mensuel des Séances*	24
Société *de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin de la)*	12
Société *de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin de la)*	12
Société *de Géographie de l'Est (Bulletin de la)*	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin de la).	
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu Mensuel des Réunions de la).	1
Société de Protection des Apprentis (Bulletin de la)	
Société de Secours des Amis des Sciences. Compte Rendu de l'Exercice	
Société des Agriculteurs de France (Bulletin de la)	2
Société des Agriculteurs de France. Comptes Rendus des Travaux de la Session Générale Annuelle.	
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Bulletin Technologique	1
Société des Arts de Genève. Comptes rendus de l'Exercice	
Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin de la)	1
Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin de la)	
Société Française de Minéralogie (Bulletin de la).	1
Société Française de Photographie (Bulletin de la)	2
Société Française de Physique (Bulletin des Séances de la)	
Société Française de Physique. Compte Rendu	2
Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin de la)	
Société Géologique de France (Bulletin de la)	
Société Industrielle de l'Est (Bulletin de la)	
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Mulhouse. Programme des Prix	
Société Industrielle de Reims (Bulletin de la)	
Société Industrielle de Reims. Informations et Renseignements Commerciaux.	1
Société Industrielle de Rouen (Bulletin de la)	
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin de la)	
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin de la)	
Société Internationale des Électriciens (Bulletin de la).	1
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin des Séances de la).	1
Société Nationale d'Agriculture de France. (Mémoires publiés par la). Séance Publique Annuelle	
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin de la)	
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte Rendu du Congrès	
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin de la)	
Spelunca. Bulletins et Mémoires de la Société de Spéléologie	
Statistique Annuelle des Institutions d'Assistance.	

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Statistique Annuelle du Mouvement de la Population	1
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	1
Statistique de la Navigation Intérieure	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie) . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie). . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux).	1
Statistique des Grèves et des Recours à la Conciliation et à l'Arbitrage. . . .	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	1
Statistique Générale de la France	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	52
Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales du) . . .	24
Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris. Bulletin. . .	12
Syndicat Professionnel des Industries Électriques. Recueil Mensuel des Procès-Verbaux des Séances de la Chambre	12
Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire des)	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	1
I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).	
II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).	
Technique Sanitaire (La) Revue de l'Art de l'Ingénieur et de l'Hygiéniste Municipal.	12
Technique Sanitaire (La) Revue de l'Art de l'Ingénieur et de l'Hygiéniste Municipal (Supplément).	24
Touring-Club de France (Revue Mensuelle du).	12
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne.	1
Travaux Publics (Les). Revue Mensuelle Technique de l'Association des Personnels de Travaux Publics.	12
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) Irelles).	?
Tribune des Travaux Publics (La). Organe de l'Association des Personnels de Travaux Publics	18
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain. Bulletin et Mémoires.	4
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin) (Douai)	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Bulletin Scientifique	12
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Rapport Annuel	1
Université Libre de Bruxelles. Rapport sur l'Année Académique	1
Yacht (Le), Journal de la Marine	52
Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance	52
EN ALLEMAND	
Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)	6
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	24
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift für) (Hannover)	8
Berg-Hütten-und Salinenwesen im preussischen Staate (Zeitschrift für das) (Berlin)	6
Dampfkessel-und Maschinenbetrieb (Zeitschrift für) (Berlin)	52
Elektrische Kraftbetriebe Bahnen. Zeitschrift für das gesamte Anwendungsgebiet Elektrischer Triebkraft (München)	36
Elektrotechnik und Maschinenbau. Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien	52
Elektrotechnische Zeitschrift (Centralblatt für Elektrotechnik) Organ der Elektrotechnischen Vereins und der Verbandes Deutscher Elektrotechniker (Berlin)	52
Gesamte Turbinenwesen (Zeitschrift für das) (München)	36
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin der)	1
Glückauf. Berg-und Huttenmännische Zeitschrift (Essen)	52
Konserven-Zeitung (Braunschweig)	52
Maschinen-Konstrukteur (Der praktische) (Leipzig)	26
Metallurgie. Zeitschrift für die gesamte Hüttenkunde (Halle)	24
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift des) (Wien)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Österreichisch-Ungarische Handelskammer in Paris. Rechenschaftsbericht . .	1
Österreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien).	36
Österreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen (Wien)	52
Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift des) (Wien) .	52
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	24
Repertorium der Technischen Journal-Literatur (Berlin).	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	52
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf) .	52
Turbine (Die) Zeitschrift für modernen Schnellbetrieb für Dampfgas-Wind und Wasserturbinen (Berlin)	24
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift des) (Berlin)	52
Vereines für die Förderung des Lokal-und Strassenbahnwesens (Mitteilungen des) (Wien)	12
Vereins für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund Jahresbericht des) (Essen-Ruhr)	2
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	4
Zentralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	104
EN ANGLAIS	
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings of the) (Boston). . . .	24
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	12
American Institute of Electrical Engineers (Transactions of the) (New-York) .	12
American Institute of Mining Engineers (By-Monthly Bulletin of the) (New-York).	6
American Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (New-York) . .	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings of the) (New-York)	12
American Society of Civil Engineers (Transactions of the) (New-York). . . .	2
American Society of Mechanical Engineers (Transactions of the) (New-York) .	1
American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington).	4
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Boston)	12
Australasian Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (Melbourne).	2
Autocar (The) (London)	52
Automotor Journal (The) (London).	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members	1
Boston Transit Commission (Annual Report of the) (Boston)	1
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	1
Canadian Institute (Proceedings of the) (Toronto)	2
Canadian Institute (Transactions of the) (Toronto)	2
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions of the) (Montreal)	2
Cassier's Magazine (London)	12
Chief of Engineers, United States Army (Annual Report of the) (Washington).	1
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	1
Colliery Guardian (The). Journal of the Coal and Iron Trades (London)	52
Cornell University Register (The) (Ithaca).	1
Electrical Engineer (The) (London)	52
Electrical Review (New-York)	52
Electrochemical and Metallurgical Industry (New-York)	12
Engineer (The) London	52
Engineering (London)	52
Engineering and Mining Journal (The) (New-York).	52
Engineering Magazine (The) (New-York).	12
Engineering News (New-York)	52
Engineering Record (The) (New-York)	52
Engineering Review (The) (London)	12
Engineering Society of the School of Practical Science (Transactions of the) (Toronto)	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings of the) (Philadelphia).	4
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	12
Imperial Earthquake Investigation Committee (Bulletin of the) (Tokyo).	6
Indian Engineering (Calcutta)	52
Institute of Marine Engineers (Annual Volume of Transactions of the) (London)	1
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings of the) (London)	4
Institution of Civil Engineers. Private Press. (London)	24
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	6
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions of the) (Glasgow)	1
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings of the) (London).	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Institution of Mining and Metallurgy (Transactions of the) (London)	1
Institution of Naval Architects (Transactions of the) (London)	1
Iron Age (The) (New-York)	52
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	52
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London).	2
John Crerar Library (Annual Report of the) (Chicago)	1
Junior Institution of Engineers (The) (Journal and Record of Transactions) London)	1
Mac Gill College and University (Annual Calendar of) (Montreal).	1
Manchester Steam User's Association (The) (Manchester).	1
Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Shieffield).	4
Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)	1
Motor Traction (London).	52
National Physical Laboratory (Teddington, Middlesex)	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions of the) (Newcastle-upon-Tyne)	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Newcastle-upon-Tyne)	4
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Subject-Matter Index of Mining, Mechanical and Metallurgical Literature (Newcastle-upon-Tyne).	1
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions of the) Halifax. Nova Scotia)	1
Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages Tokyo).	2
Railway Age (The) (Chicago).	52
Railway Engineer (London)	12
Railway Gazette (London, New-York, Chicago)	52
Railway Machinery (New-York City)	12
Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners of the City of New-York.	1
Report on the Subsidised Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax).	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Revenue Report of the Government of Bengal, Public Works Department, Irrigation Branch (Calcutta)	1
Scientific American (New-York)	52
Shanghaï Society of Engineers and Architects. Proceedings (Shanghaï)	1
Smithsonian Institution (Annual Report of the Board of Regents of) (Washington)	1
Society of Arts (Journal of the) (London)	52
Society of Chemical Industry (Journal of the) (London)	24
Society of Engineers. Transactions. (London)	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	52
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroë. Virginia)	6
United States Coast Geodetic Survey (Report of the Superintendent of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Annual Report of the) (Washington)	1
United States Naval Institute (Proceedings of the) (Annapolis)	4
Universal Directory of Railways Officials (The) (London)	1
University of the State of New-York (New-York State Museum. Annual Report of the Regents) (Albany)	1
University of the State of New-York. New-York State Museum. Bulletin (Albany)	12
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	6
EN BULGARE	
Sedmitchene Liste na Belgharskoto Injenierno Arkhitektno Droujestvo ve Sofiya	52
Spisanie na Belgharskoto Injenierno Arkhitektno Droujestvo ve Sofiya	6
EN DANOIS	
Ingenioren (Kjobenhavn)	52
EN ESPAGNOL	
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin de la Real) (Barcelona)	1
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Memorias de la Real) (Barcelona)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Anales de la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas (Mexico)	4
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales de la) (México)	1
Boletin de la Secretaria de Fomento (México)	12
Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)	12
Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú (Lima)	12
Boletin Industrial. Organo Oficial de la Asociación de Ingenieros Industriales Madrid)	12
Industria é Invenciones (Barcelona)	52
Ingenieria (La) Organo Official del Centro Nacional de Ingenieros (Buenos-Aires)	24
Instituto de Ingenieros de Chile (Anales del) (Santiago)	12
Instituto Geológico de Mexico (Boletin del)	2
Instituto Geológico de Mexico (Paregones del)	4
Junta de Obras del Puerto de Bilbao	1
Museo Nacional de Montevideo (Anales del)	4
Observatorio Meteorológico Magnetico Central de México (Boletin Mensual del)	12
Revista de Obras Públicas (Madrid)	32
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	48
Revista Tecnica (Buenos-Aires)	24
Revista Tecnológico Industrial. Publicación Mensual de la Asociación de Ingenieros Industriales. Agrupación de Barcelona	12
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista de la) (México)	6
Sociedad Cientifica Argentina (Anales de la) (Buenos-Aires)	12
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) Bogóta)	12
Sociedad de Fomento Fabril (Boletin de la) (Santiago)	12

EN HOLLANDAIS

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Bibliotheek der Technische Hoogeschool (Delft Holland)	2
Ingenieur (De) (Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs) (La Haye)	52
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye)	2

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN HONGROIS	
Magyar Mérnök-és Epitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)	40
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)	12
EN ITALIEN	
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti. (Roma)	24
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Rendiconto dell' Adunanza Solenne (Roma)	1
Associazione Elettrotecnica Italiana (Atti della) (Roma).	6
Associazione fra gli-Ex-Allievi del Politecnico Milanese (Bollettino dell') (Milano).	1
Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)	1
Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino del)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Milano (Atti del).	2
Colleqio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del).	2
Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Bollettino) (Firenze)	4
Gazzetta Chimica Italiana (Roma).	12
Giornale del Genio Civile (Roma)	12
Industria (L') (Milano)	52
Istituto d'Incoraggiamento di Napoli (Atti del Reale) (Napoli)	1
Monitore Tecnico (Il) (Milano)	36
Politecnico (Il) (Milano)	12
Rassegna Mineraria della Industria Chemica e delle Industrie Mineralurgiche e Metallurgiche (Torino).	36
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	12
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Annuario.	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Programmi d'Insegnamento.	1
Società Chimica di Roma (Rendiconti della).	12
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	6
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma) . . .	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN NORVÉGIEN	
Teknisk Ugeblad (Kristiania)	52
EN POLONAIS	
Przeglad Techniczny (Warszawa).	52
EN PORTUGAIS	
Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto	1
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario publicado pelo).	1
Observatorio do Rio de Janeiro (Boletim Mensal do).	4
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civis Portuguezes) (Lisboa)	6
Revista do Club de Engenharia (Rio de Janeiro)	2
Revista Militar (Rio de Janeiro).	10
EN RUSSE	
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg).	12
Injénière (Kiève)	12
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg) .	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN SUÉDOIS	
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	52
EN TCHÈQUE	
Spolku Architektův a Inženýrů v Království Českém (Zprávy) (Praze) (Architektonicky Obzor. — Technicky Obzor)	52

Le Secrétaire Administratif. Gérant.

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 1290-1-08 — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1908

N° 2.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

ECKENSTEIN (ED.). — *Développement et progrès de la fabrication du malt pendant les quarante dernières années*, par Ed. Eckenstein (in-4°, 270 × 205 de 212 p. avec 64 fig.). Paris, A. Hermann, 1908. (Don de l'auteur et de l'éditeur.) 45260

Revenue Report of the Government of Bengal. Public Works Department, Irrigation Branch, for the Year 1906-1907 (in-4°, 380 × 205 de 86 p.). Calcutta, The Bengal Secretariat Press, 1907. 45291

Arts militaires.

CHARBONNIER (P.). — *Balistique interieure*, par le Commandant P. Charbonnier (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie. Directeur : M. d'Ocagne) (in-18, 185 × 120 de x-351-xii p. avec 48 fig.). Paris, Octave Doin, 1908. (Don de l'éditeur.) 45269

Chemins de fer et Tramways.

GEORGES (L.). — *Le Matériel roulant des Chemins de fer à l'Exposition de Milan*, par M. L. Georges (Extrait de la Revue Générale des Chemins de fer et des Tramways. N^{os} d'août, septembre, octobre et novembre 1907) (in-4°, 320 × 220 de 207 p. avec 133 fig. et 6 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de M. Chabal.) 45280

Chimie

BOTHAS (L.). — *Massen-Destillation von Wasser insbesondere zur Erzeugung von Trinkwasser und Lokomotiv-Speisewasser*, von Ludwig Bothas (in-8°, 220 × 145 de 53 p. avec 8 fig.). Berlin, Verlag von Julius Springer, 1908. (Don de l'éditeur.) 45282

VULITCH (V. DE). — *Les produits industriels des goudrons de houille et leurs applications*, par Vladimir de Vulitch (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 168 p. avec 5 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1907. (Don des éditeurs.) 45283

Construction des Machines.

Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering to the Secretary of the Navy for the fiscal year 1907 (Navy Department. Bureau of Steam Engineering) (in-8°, 230 × 145 de 56 p.). Washington, Government Printing Office, 1907. 45270

Newton Machine Tools. Catalogue n° 45 (in-8°, 235 × 150 de 303 p. avec illust.). Philadelphia, U. S. A. Newton Machine Tool Works. (Don de l'éditeur, de la part de M. J. F. Sorzano de Tejada, M. de la S.) 45277

SCHMIDT (E.). — *Compte rendu de l'ouvrage de M. Izart, sur les Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur.* Lecture faite à la Société industrielle d'Amiens, le 30 mai 1907, par M. Ernest Schmidt (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 de 24 p.). Amiens, T. Jeunet, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45263

SCHMIDT (E.). — *Lois et Règlements en vigueur en novembre 1907, concernant les appareils à vapeur.* Loi du 21 juillet 1856. Loi du 18 avril 1900. Rapport au Président de la République du 7 octobre 1907. Décret du 9 octobre 1907. Circulaire ministérielle du 29 octobre 1907 (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 de 61 p.). Amiens, T. Jeunet, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45264

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique. Vingt-sixième volume 1906 (République Française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 265 × 175 de xxxix-430-175 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. (Don du Ministère du Travail.) 45265

Enquête sur le travail à domicile dans l'industrie de la lingerie. Tome I, Paris (Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Office du Travail) (in-8°, 225 × 150 de xiv-768 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. (Don du Ministère du Travail.) 45268

Kammerer. — *Werkzeug und Arbeitsteilung. Redezum Geburtsfeste Seiner Majestät des Kaiser und Königs Wilhelm II, in der Halle der Königlischen Technischen Hochschule zu Berlin am 25. Januar 1908 gehalten*, von dem zeitigen Rektor Kammerer (in-8°, 270 × 190 de 16 p.). (Don de Königlischen Technischen Hochschule zu Berlin.) 45290

Sarrette (H.). — *Précis arithmétique des calculs d'emprunts à long terme et de valeurs mobilières*, par Henri Sarrette (in-8°, 255 × 165 de ix-287 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1908. (Don de l'éditeur.) 45288

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1906. Deuxième volume. Navigation (Navigation internationale. Cabotage français et Effectif de la Marine marchande) (République Française. Direction générale des Douanes) (in-4°, 365 × 275 de 436-462 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1907. 45287

Testis. — *Le rôle des établissements de crédit en France. La vérité sur les propos de Lysis*, par Testis (Extrait de la Revue Politique et Parlementaire) (in-12, 190 × 125 de ii-204 p.). Paris, 63, rue de l'Université, 1907. (Don de l'auteur.) 45261

Électricité.

Gérard (É.). — *Mesures électriques*. Leçons données à l'Institut électrotechnique Montefiore de l'Université de Liége, par Éric Gérard. Troisième édition refondue et complétée (in-8°, 250 × 160 de ix-708 p. avec 304 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1908. (Don de l'éditeur.) 45257

Loppé (F.). — *Essais des Machines électriques. Mesures mécaniques*, par F. Loppé (Encyclopédie électrotechnique, par un Comité d'Ingénieurs spécialistes. F. Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire de la Rédaction. Quarante-troisième fascicule) (in-8°, 255 × 165 de 110 p. avec 101 fig.). Paris, E. Bernard, 1908. (Don de l'éditeur.) 45279

MAGUNNA (H.). — *Télégraphie Multiplex Système E. Mercadier*, par H. Magunna (in-4°, 270 × 210 de 32 p. avec 20 fig.). Paris, Société des Télégraphes Multiplex, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45267

PELLAT (H.). — *Cours d'Électricité*, par H. Pellat. *Tome III, Électrolyse. Électrocapillarité. Ions et Électrons* (Cours de la Faculté des Sciences de Paris) (in-8°, 250 × 160 de VI-290 p. avec 77 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1908. (Don de l'éditeur.) 45258

Syndicat professionnel des Industries électriques. Annuaire. Liste des Membres. Récapitulation des documents publiés dans les bulletins de 1907. Année 1908 (in-8°, 250 × 160 de 76 p.). Paris, Siège social. 45271

Enseignement.

Ecole speciale d'Architecture. Année 1907-1908. Séance d'ouverture du 19 octobre 1907. Présidence de M. Janssen (in-8°, 210 × 135 de 30 p.). Paris, M. Belleville. 45273

Géologie et Sciences naturelles diverses.

DESSOLIERS (H.). — *Contributions diverses à l'hydrogenèse. Première partie*, par Hippolyte Dessoliers (in-8°, 275 × 185 de 88 p. avec 4 pl.). Alger, Imprimerie algérienne, 1907. (Don de l'auteur.) 45289

Législation.

American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. January 1, 1908 (in-8°, 235 × 155 de 173 p.). New York, Published by the American Institute of Mining Engineers. 45276

TURPIN (E.). — *Eugène Turpin. Demande en révision ou annulation de procès et traité. Fascicule premier et Fascicule deuxième* (2 brochures in-8°, 245 × 165 et 260 × 165 de 258 p. et de 376 p. avec gravures et photog.). Paris, 1907. Heyst-sur-Mer (Belgique), Alfred Tytgat. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45274 et 45275

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Association des Intérêts maritimes de Gand. Rapport annuel 1906, présenté par le Comité à l'Assemblée générale du 26 avril 1907 (in-8°, 240 × 155 de 148-XXI-p.). Gand, Imprimerie Victor van Doosselaere, 1907. (Don de l'Association internationale permanente des Congrès de Navigation.) 45256

Club aeronautique de l'Aube. Réunion du 22 décembre 1907. Quatrième Bulletin annuel 1907 (in-8°, 215 × 135 de 43 p.). Troyes, Gustave Frémont, 1908. (Don de M. H. Joanneton, M. de la S.) 45266

Physique.

MANVILLE (O.). — *Les découvertes modernes en physique. Leur théorie et leur rôle dans l'hypothèse de la constitution électrique de la matière*, par O. Manville (in-8°, 230 × 140 de II-186 p. avec 32 fig.). Paris, A. Hermann, 1908. (Don de l'éditeur.) 45259

Routes.

LALLEMAND (CH.). — *Association géodésique internationale. Rapport général sur les nivellements de precision exécutés dans les cinq parties du monde. Rapport sur les travaux du nivellement général de la France, de 1904 à 1906 inclus. Rapport sur la mesure des mouvements du sol, dans les régions sismiques, au moyen de nivellements répétés à de longs intervalles*, par Ch. Lallemand (Extrait des comptes rendus des Séances de la Conférence générale de l'Association géodésique internationale, tenue à Budapest en septembre 1906) (in-4°, 300 × 230 de 59 p. avec 8 pl.). Leyde, E.-J. Brill, 1907. (Don de l'auteur.) 45277

Sciences mathématiques.

LECORNU (L.). — *Dynamique appliquée*, par Léon Lecornu (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie. Directeur : M. d'Ocagne) (in-18, 185 × 115 de x-534-XII p. avec 113 fig.). Paris, Octave Doin, 1908. (Don de l'éditeur.) 45262

Technologie générale.

Les nouveaux livres scientifiques et industriels. Volume I. Années 1902 à 1907 (Livraisons 1 à 20). Bibliographie des ouvrages publiés en France du 1er juillet 1902 au 30 juin 1907 : 1° Table alphabétique des sujets traités; 2° Table alphabétique des noms d'auteurs; 3° Livraisons trimestrielles (nos 1 à 20) (in-8°, 275 × 185 de 416 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45281

NANSOUTY (M. DE). — *Actualités scientifiques*, par Max de Nansouty. *4e année* (in-8°, 205 × 130 de 316 p.). Paris, Schleicher frères, 1907. (Don de l'éditeur.) 45292

Revue de Mécanique. Tables décennales des matières et des noms 1897-1906 (in-4°, 315 × 225 de 149 p. à 2 col.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don des éditeurs.) 45255

The Junior Institution of Engineers. Journal and Record of Transactions. Volume XVII. Twenty sixth session 1906-1907 (in-8°, 215 × 135 de x-616 p. avec fig. et pl.). London, Percival Marshall and Co, 1907. 45285

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. LIX. December 1907 (in-8°, 225 × 145 de VII-581 p. avec LX pl.). New York, Published by the Society. 1907. 45286

Travaux publics.

Annual Report of the Street Department for the year 1906 (in-8°, 235 × 145 de 112 p.). Boston, Municipal Printing Office, 1907. 45278

PUJOL (R.). — *Maçonnerie. Les Matériaux*, par R. Pujol (in-8°, 190 × 120 de 174 p. avec 29 fig.) (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1908. (Don des éditeurs.) 45284

Voies et moyens de communication et de transport.

SOUVESTRE (P.). — *Histoire de l'Automobile*, par Pierre Souvestre (in-8°, 280 × 190 de 800 p. avec nombreuses illustrations). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. (Don de l'auteur.) 45272

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de février 1907, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

L.-J. Barrillon, présenté par MM. Lattès, Lemoine, Marx.
A.-M.-E. Berthier, — Brocq, Claude, A. Henry-Lepaute.
G. Bourrey, — Brunsvick, Lassaux, de Nansouty.
M.-L.-A. Brill, — Degermann, H. Perrin, Schabaver.
F.-P. Chartaux, — Reumaux, Gruner, du Bousquet.
E.-C. Cuvelette, — Reumaux, Bergeron, Gruner.
V. Dupont, — Canet, Baclé, Armengaud jeune.
P.-A. Dupuy, — Dumesnil, Pirani, de Dax.
H.-L. Elluin, — Mazen, Sartiaux, Witzig.
L.-J. Giraud, — Couriot, Drouin, Lenicque.
J.-H. de Gontard, — Dubois, Chevrier, Decourt.
A.-J. Lagarrigue, — Longuemarre, Lumet, Robelet.
Ch.-P. Le Jeunne, — J.-B. Hersent, G. Hersent, P. Besson.
A. Lisboa, — Canet, Barres, Michel-Schmidt.
H.-Ch. Magunna, — Braun, Le Bris, Saint-Martin,
E.-M.-P. Partiot, — Portevin, Roulleau, Soreau.
H. Renouard, — Bouvier, Ducastel, E. Nessi.
R.-L. Robard, — A. Mallet, Boyer, Carimantrand.
A. Roy, — Calmettes, Borne, Lelorrain.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

A. Magis, présenté par MM. Couriot, Postel-Vinay, Rochefort.
M.-J. Mathieu, — Martin, de Saint Léger, Schuhler.
Ch. Simonnet, — Duplaix, Jannettaz, Michaux.
A.-L. Stockhammer, — Brocq, Bour, A. Olivier.

Comme Membres Associés, MM. :

L. Barbier, présenté par MM. E.-J. Barbier, Chalon, de Dax.
G.-L. Gilbert, — Chauveau des Roches, Bourlat, E. Laurent.
Ch.-R.-P. Séré de Rivière, — Loreau, Lumet, Longuemarre.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 FÉVRIER 1908

PRÉSIDENCE DE M. E. REUMAUX, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

Singer, Siegfried, ancien élève de l'Ecole spéciale technique de Buda-Pest, Membre de la Société depuis 1897, chevalier de la Légion d'honneur, Président de la Société métallurgique Griffin, Administrateur délégué de la Société Centrale de dynamite Nobel;

Poiret, Ch.-E., ancien élève de l'École Centrale (1852), Membre de la Société depuis 1858, ex-Directeur des tramways à vapeur de la Sarthe, a été chargé de la construction des tramways à vapeur de la Côte-d'Or;

Lassaux, H.-E.-E., ancien élève de l'École Centrale (1896), Membre de la Société depuis 1900, Ingénieur-Conseil en matière de brevets d'invention, Directeur, Rédacteur en chef du *Journal Technique et Industriel*, Administrateur et Secrétaire de la Société des Chaux et Ciments de l'Aube.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes.

Ont été nommés :

Officiers du Mérite agricole : MM. H. Besnard et M. de Nansouty.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. P. Besson, L.-H. Sauvinet, P. Chalon.

Officier des Saints Maurice et Lazare : M. G. Crugnola.

M le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, conformément au Règlement, il y a lieu de nommer trois Membres de la Société comme Membres du jury du Prix Couvreux.

Sont nommés : MM. A. Couvreux, co-fondateur du Prix; Germain Petit et Chagnaud.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que le Comité, dans sa séance de ce jour, a nommé :

1° Comme troisième délégué de la Société au Congrès International de Navigation de Saint-Pétersbourg, M. P. Mallet;

2° Comme deuxième délégué de la Société au Comité d'Études et de Patronage pour l'amélioration du sort des marins pêcheurs, M. E. Cacheux.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que le 4 mars 1908 sera le soixantième anniversaire de la fondation de la Société.

Le Bureau et le Comité étudient en ce moment les moyens de célébrer cet anniversaire d'une façon toute spéciale, et les décisions prises seront ultérieurement portées à la connaissance des Membres de la Société.

M. CH. COMPÈRE a la parole pour présenter une analyse de la *Réglementation nouvelle des appareils à vapeur*.

M. Ch. Compère dit qu'un décret, en date du 9 octobre 1907, portant règlement pour les appareils à vapeur à terre, a remplacé celui du 30 avril 1880.

Ce décret a été présenté au Président de la République par un rapport qui en précise la portée; puis il a été envoyé aux Préfets par une circulaire ministérielle qui fait ressortir les principaux changements apportés à la précédente réglementation et qui a donné, au sujet de chacun des articles modifiés, des explications pour servir de guide dans leur application.

Les réglementations qui se sont succédé en 1843, 1865, 1880 et 1907 ont toujours été motivées par la nécessité d'assurer la sécurité publique dans l'emploi des appareils. La situation a toujours été, d'ailleurs, en s'améliorant. Ainsi, dans les deux périodes quinquennales 1881-1885 et 1899-1903, le nombre de morts pour 10 000 appareils et par an s'est abaissé de 3,7 à 1,5.

Ces réglementations visaient plutôt la sécurité des personnes étrangères au service que celle des ouvriers chargés de la conduite des appareils. Cette lacune a été comblée en 1907 : l'article 17 prescrit des chaufferies bien éclairées, bien ventilées, de dimensions suffisantes et pourvues et dégagements faciles dans deux directions au moins; d'après l'article 16,

dans les chaudières à tubes d'eau, les portes de foyers et de cendriers doivent être disposées de manière à s'opposer automatiquement à la sortie éventuelle d'un flux de vapeur; ce flux doit toujours avoir un écoulement facile et inoffensif vers le dehors. Pour les autres chaudières, les portes de foyers, de boites à tubes et de fumée doivent être pourvues de fermetures solides établies de manière à empêcher, en cas d'avarie, les retours de flamme où les projections d'eau et de vapeur sur les ouvriers. La circulaire ministérielle déconseille les chaufferies souterraines, parce qu'il est rare que l'on ait la facilité de les installer dans des conditions entièrement satisfaisantes pour la sécurité des chauffeurs. D'autre part, elle appelle l'attention sur les dangers du serrage des joints sur les appareils en pression. Enfin, l'article 13 dit que des précautions doivent être prises contre le danger provenant des éclats de verre en cas de bris des tubes de niveau.

La réglementation s'étend sur la construction et l'installation des appareils, puis sur leur conduite et leur entretien.

Pour la construction, il n'y a que peu de changement. L'épreuve hydraulique reste le moyen de s'assurer de l'étanchéité et de la résistance de l'appareil.

Le choix des matériaux, leur épaisseur restent toujours en dehors de la réglementation, à la liberté du constructeur. Toutefois, la circulaire ministérielle rappelle que la fonte de fer doit être aujourd'hui considérée comme exclue de la bonne construction, surtout pour les pièces de grandes dimensions et à timbre élevé.

Dans l'installation, pour les générateurs à tubes d'eau, il n'est plus compté pour le calcul de la catégorie les tubes ne mesurant pas plus de 10 cm de diamètre intérieur, ainsi que les pièces de jonction entre ces tubes n'ayant pas plus de 1 dm^2 de section intérieure. Il y a là une innovation importante, justifiée par l'absence d'explosions à effets dynamiques avec ce genre de générateurs.

Le bâtiment fréquenté par le public est assimilé à une maison d'habitation. De plus, il est interdit de placer une chaudière de première catégorie dans un atelier occupant un personnel à poste fixe. C'est là une protection nouvelle des travailleurs qui, en dehors du risque inhérent à leur profession, ont droit à ne pas avoir celui résultant d'accidents de chaudières.

La statistique montre que la cause principale des accidents mortels qui surviennent dans l'emploi des appareils à vapeur est le défaut d'entretien.

D'après l'article 39, l'exploitant est tenu d'assurer en temps utile les nettoyages, les réparations et les remplacements nécessaires et, pour reconnaître l'état de chaque appareil, il doit faire procéder par une personne compétente à une visite complète à l'intérieur et à l'extérieur au minimum une fois par an et dans tous les cas où la question d'épreuve se pose. L'exploitant doit tenir un registre d'entretien où sont notés à leurs dates les épreuves, les examens intérieurs et extérieurs, les nettoyages et les réparations; ce registre est l'analogue du livre de bord qui est obligatoire sur les bateaux à vapeur.

La visite intérieure devient un facteur principal de la sécurité. Elle

est le complément obligatoire de toute réépreuve hydraulique, conformément au vœu émis par le Congrès International de Surveillance et de Sécurité en matière d'appareils à vapeur, réuni à Paris en 1900, sur l'initiative des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur.

Le régime de 1865 ne parlait de réépreuve qu'après la réparation ou la vente des appareils; celui de 1880 y ajoutait les cas de chômage prolongé, de changement d'installation, de suspicion par l'Ingénieur des Mines, et il créait l'obligation de l'épreuve décennale. Les cas d'épreuves se trouvaient ainsi multipliés. L'essai hydraulique apparaissait comme le moyen administratif de vérifier l'état des chaudières; toutefois, la circulaire ministérielle d'envoi du décret de 1880, disait déjà : « Malgré le droit et le devoir de l'Administration de recourir au renouvellement de l'épreuve pour vérifier l'état des chaudières, on ne saurait user de ce moyen sans motifs sérieux; d'autre part, il ne suffit pas pour donner toute garantie, rien ne peut suppléer aux visites complètes des tôles à l'extérieur et à l'intérieur » et l'Administration, constatant alors l'existence des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, qui s'étaient créées plus spécialement pour procéder à ces visites, rendait celles-ci obligatoires à intervalles suffisamment rapprochés; elle pouvait alors dispenser des épreuves autres que les décennales quand une Association certifiait le bon état des appareils. Elle atténuait ainsi le recours trop fréquent à l'épreuve.

Cette atténuation se trouve plus grande encore dans le nouveau décret. Le service des Mines peut, suivant les circonstances, quand la question d'épreuve se pose, juger ou non l'essai hydraulique nécessaire, mais la visite intérieure est obligatoire dans tous les cas. De plus, quand l'épreuve a lieu, la surcharge d'épreuve est diminuée de moitié si l'appareil n'a pas subi un changement notable ou une grande réparation; tel est le cas de l'épreuve décennale. Enfin, il peut être sursis à la réépreuve décennale elle-même lorsqu'une Association de Propriétaires d'appareils à vapeur certifie le bon état de l'appareil; il y a dans cette dernière mesure une innovation importante qui ne peut que contribuer au développement de ces institutions.

Les locomobiles agricoles ont donné lieu, durant ces dernières années, à des accidents dont la fréquence et la gravité étaient hors de proportion avec la puissance totale dans cette classe d'appareils. La principale cause de ces accidents a été le mauvais état des appareils. C'est pourquoi, tandis que le règlement nouveau se distingue, ainsi qu'il vient d'être expliqué, par des innovations libérales en ce qui touche les générateurs fixes, les appareils locomobiles sont l'objet de mesures destinées à resserrer à leur égard la surveillance administrative : l'épreuve doit être renouvelée au moins tous les cinq ans au lieu du délai de dix années prescrit pour les appareils fixes et à chaque changement de propriétaire; les rapports de visites intérieures doivent être envoyés en communication à l'Ingénieur des Mines.

Pour les récipients, le règlement les protège mieux que par le passé contre les excès de pression et contre l'affaiblissement par usure, causes principales d'explosion pour ces appareils. La surcharge d'épreuve est la même que celle des chaudières au lieu d'être réduite de moitié comme

sous le régime de 1880. Il impose une deuxième soupape de sûreté pour les appareils dont le timbre n'est pas au moins égal à celui de la chaudière alimentaire, quand leur capacité dépasse 1 m³. Il exclut de l'intérieur des maisons habitées les récipients de première catégorie.

Enfin, le décret du 9 octobre 1907 excepte de la réglementation les tuyauteries, les générateurs dont la capacité est inférieure à 25 litres et les générateurs et récipients dans lesquels des dispositions matérielles efficaces empêchent la pression effective de dépasser 300 g par centimètre carré. Tels sont, en général, les appareils de chauffage à basse pression.

M. le Président remercie M. le Président de la 3e Section du Comité d'avoir bien voulu commenter devant la Société le nouveau règlement. Cette réglementation a été élaborée, au Ministère des Travaux Publics, par la Commission centrale des Machines à vapeur, dont M. Compère fait partie au titre de Directeur de l'Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à vapeur; M. le Président fait ressortir la coïncidence qui a existé entre les tendances de l'Administration et la présence de M. Compère au sein de cette importante Commission.

M. R. Soreau a la parole pour la troisième partie *(suite et fin)* de sa Communication sur *l'État actuel de l'Aviation.*

M. Soreau, après avoir rappelé en quelques mots les deux premières parties de sa Communication, dit qu'il va aborder aujourd'hui cette question plus délicate : les aéroplanes sont-ils condamnés à n'être que des appareils de sport ou bien pourront-ils se risquer un jour sur les routes aériennes, déjà longues de plusieurs centaines de kilomètres, où les ont précédés les ballons dirigeables ?

Notre Collègue croit prudent de remarquer dès l'abord que la réponse à cette question comporte nécessairement un notable coefficient personnel. Il est cependant possible de voir sur l'avenir un peu mieux qu'à travers le prisme de nos illusions ou de notre incrédulité, grâce à ce double criterium : apprécier l'importance des progrès de demain par celle des progrès d'hier; examiner directement si les perfectionnements qu'on peut concevoir se réduisent à des points de détails, ou s'ils paraissent assez profonds pour légitimer nos espérances.

Dans une rapide évocation, M. Soreau montre les moteurs légers passant de 20 à 7 kg par cheval — poids indiqué par le colonel Renard comme indispensable à la sustentation de l'aéroplane, — puis tombant à 4 et même à 2 kg; il fait voir les machines volantes, jusqu'alors obstinément rivées au sol, réussissant à s'entrainer rapidement par la seule action de l'hélice, puis faisant quelques bonds, et enfin des envolées dont l'une a dépassé le kilomètre : tout cela en dix-huit mois, avec des moyens en somme précaires. Il prie ses auditeurs de faire appel à ce sens de la continuité que leur a donné leur éducation scientifique, et de se demander s'il est vraisemblable que les années et les années qui vont suivre restent impuissantes à transformer, au point de les rendre utiles, les hâtifs appareils de démonstration que quelques mois ont suffi à créer et à conduire au succès.

Au reste, l'examen direct des perfectionnements possibles à bref délai n'a fait que fortifier cette impression.

Moteur. — Les progrès qu'on peut encore réaliser dans l'allégement semblent limités. Mais que de perfectionnements pour obtenir le fonctionnement régulier et sûr indispensable à un moteur d'aéroplane! On a pu être légitimement tenté jusqu'ici de faire un moteur extra-léger, fût-il à bout de souffle au bout d'un temps très court, fût-il obligé de se refroidir entre deux envolées. Dans les futurs moteurs, il sera nécessaire que les organes ne subissent pas de fatigues excessives, que le refroidissement et le graissage soient abondants; dans cette voie, le moteur de M. Esnault-Pelterie mérite une mention spéciale.

L'allégement à 1 kg par cheval permettrait de réduire la voilure et de lui donner plus aisément des formes rationnelles; toutefois, il ne bouleverserait pas totalement les conditions d'établissement de l'aéroplane. On a nourri cet espoir, sans doute à la suite d'une note fameuse du colonel Renard à l'Académie des Sciences, note qui a été mal interprétée : la charge maximum de 160 t indiquée pour un hélicoptère ayant un moteur de 1 kg par cheval est une valeur limite; la charge réalisable avec le type d'hélices considéré par le colonel Renard tombe à 660 kg. Heureusement, les aéroplanes ont un pouvoir sustentateur pratiquement plus élevé.

Hélice. — Après une critique de théories récentes, notre Collègue conclut à l'emploi d'hélices aériennes aussi grandes que possible, en ne se limitant que par la difficulté de les réaliser. C'est pourquoi il attribue une grande importance au mode de construction dû encore au clair génie du colonel Renard; ce mode consiste à donner aux bras une direction telle qu'ils travaillent uniquement à l'extension, en annulant les moments fléchissants.

Voilure. — M. Soreau montre ensuite les défectuosités des voilures des aéroplanes actuels, non par esprit de critique, mais parce que nos espérances seront d'autant plus fondées que nous constaterons la possibilité d'améliorer davantage les aéroplanes les plus justement célèbres.

Il rappelle un artifice qu'il a indiqué depuis longtemps pour augmenter la qualité des voilures : c'est de multiplier leurs bords d'attaque sur l'air. Dans une précédente communication à la Société, où se trouve la première étude qui ait été publiée sur le déversement des ballons dirigeables, il avait préconisé ce moyen pour combattre le déversement.

Il indique un autre artifice propre à augmenter la qualité des voilures, et qui consiste à donner à la partie arrière, rigide mais flexible, des tensions lentes et périodiques. Il fait voir que c'est ainsi qu'opèrent les oiseaux voiliers pour se maintenir dans l'air pendant des heures, en utilisant l'énergie qu'ils trouvent dans les vagues aériennes, dont la théorie lui est due.

Surfaces passives. — Il y a un intérêt de premier ordre à réduire ces surfaces, en employant des formes fuselées, et en renonçant à la disposition cellulaire dès qu'on aura de suffisants moyens de stabilité : à cet égard, le dernier aéroplane de M. Blériot et l'aéroplane de M. Esnault-Pelterie sont d'un bon augure.

Stabilité. — C'est la question la plus importante, aujourd'hui que nous avons des moteurs suffisamment légers.

La stabilité automatique de l'oiseau est grandement facilitée par ces dispositions merveilleuses dont la nature nous offre tant d'exemples. C'est ainsi que le bord antérieur de l'aile, qui pourrait sembler un élément nécessaire, mais nuisible, contribue puissamment à la stabilité : il augmente le champ de l'aspiration sur le dos de l'aile, et provoque une proue fluide qui prépare le lit des molécules d'air sur lequel l'oiseau vient glisser. Créer ce lit, ne pas le troubler par des surfaces résistantes placées inconsidérément, y faire reposer l'aéroplane en lui donnant de l'ensellement et de l'empattement, voilà ce qui est nécessaire pour obtenir une bonne stabilité statique. Mais cela n'est pas suffisant pour avoir une stabilité puissante, sans tangage et sans roulis perceptibles, qui donne confiance aux passagers. Il est alors nécessaire de recourir à des appareils mécaniques, tels que le pendule et le gyroscope.

Les préférences de notre Collègue sont pour ce dernier, qu'il a recommandé dans ses Communications de 1897 et de 1902. Déjà un gyroscope existe à bord, l'hélice, et M. Soreau en montre quelques curieux effets. Pour la stabilité, il conviendra qu'un gyroscope, d'une certaine masse, commande des stabilisateurs spéciaux qui utiliseront la propriété qu'il possède de se raidir, en quelque sorte, contre les efforts tendant à déplacer son axe de rotation. Aux perturbations dynamiques susceptibles de faire prendre à l'aéroplane des inclinaisons dangereuses, le gyroscope opposera un effort dynamique d'autant plus efficace qu'on le violentera davantage; il emmagasinera les perturbations extérieures, pour les évacuer sous la forme de déplacements lents et inoffensifs des stabilisateurs. L'aéroplane continuera donc à glisser sur le lit des molécules d'air, avec une aisance qui donnera aux passagers le sentiment de la sécurité.

Avec un aéroplane ainsi conçu, il n'y aura guère qu'un danger : la panne. On arrivera bien à y porter remède, ne fût-ce qu'en employant deux moteurs. Il ne faut pas, du reste, s'exagérer outre mesure les dangers d'une chute en aéroplane : il en a été fait de volontaires, et notre Collègue cite celles de M. Malonney, s'élevant dans une montgolfière, et s'élançant de 250, puis de 800, et enfin de 1 200 m; la cinquième chute fut mortelle, il est vrai, une aile s'étant brisée : mais il faut bien tenir compte que quatre chutes réussirent, et que, au demeurant, les futurs aéroplanes auront une autre stabilité, et ne seront pas forcés d'évoluer à de grandes altitudes.

La stabilité une fois résolue, l'atterrissage et l'envolée par orbes deviendront chose facile; dès lors, il ne sera plus nécessaire de se cantonner au-dessus de terrains soigneusement choisis. A la rigueur, on pourrait adjoindre à l'aéroplane un système hélicoptère, pour faciliter l'essor, mais notre Collègue voit des inconvénients à cette solution hybride.

Resumé et conclusion. — Résumant cette importante Communication, M. Soreau dit notamment qu'il a sans doute surpris bien des Collègues, en leur révélant l'existence d'une technique de l'aéroplane. Il serait désirable qu'elle fût élargie par des mesures nouvelles, faites sur les

aéroplanes eux-mêmes, par la méthode ingénieuse des glissades, avec moteur au repos.

Il vient d'établir la possibilité de réaliser des perfectionnements notables, notamment dans la stabilité. La difficulté des problèmes mécaniques ainsi soulevés ne dépasse pas celle des problèmes que les Ingénieurs sont habitués à résoudre : douter de leur réalisation, ce serait douter de nous-mêmes. Cela, ce sera l'œuvre de demain.

Mais quelle sera, ou plutôt qu'elle ne sera pas l'œuvre d'après-demain ? Elle repose sur des progrès que nous ne distinguons pas encore : force nous est donc d'apprécier l'avenir par l'enseignement du passé. M. Soreau s'adresse à nos anciens, aux Collègues qui ont assisté et contribué au prodigieux épanouissement de la Mécanique dans ces cinquante dernières années ; à ceux qui ont connu le moteur léger à plus de 100 kg par cheval, et qui le voient aujourd'hui à 2 kg ; à ceux qui, dans un autre ordre d'idées, sont témoins du formidable développement des voies ferrées, et qui ont conservé le souvenir de la prédiction sceptique d'esprits cependant avisés, comme Thiers ; il demande à ces hommes d'expérience, qui ont vu de si grandes choses, de quel droit nous pourrions douter de l'avenir des machines volantes, à l'heure même où l'on vient de les créer.

M. le Président remercie M. R. Soreau de sa très intéressante communication. Il faut espérer non seulement que l'avenir permettra de réaliser la solution que M. Soreau a fait entrevoir, mais encore, qu'il nous sera permis d'assister à ce merveilleux développement des applications de la science.

M. R. Esnault-Pelterie demande à dire quelques mots ; il est heureux de voir un Ingénieur de la valeur et de la compétence de M. Soreau exposer tout ce qu'on est en droit d'espérer de la locomotion nouvelle. Les aviateurs militants doivent remercier le conférencier d'avoir ainsi appuyé de toute sa science la cause à laquelle ils se dévouent tous.

M. Armengaud Jeune dit qu'il désirait poser à M. Soreau quelques questions au sujet du remarquable exposé qu'il a fait d'une théorie de l'aéroplane. Il est heureux de constater que notre Collège y a répondu par avance dans la troisième partie de sa communication.

Cependant la lumière n'est pas entièrement faite, et M. Soreau le reconnaît lui-même, sur le phénomène si complexe et quelque peu énigmatique du vol des oiseaux et notamment du vol plané, qui en est la forme la plus simple prise comme modèle du vol mécanique par l'aéroplane. Même en tenant compte des formules trouvées après Newton sur la résistance de l'air, par les colonels Duchemin, Renard et plus récemment par M. Soreau, il faut, comme l'a fait remarquer ce dernier, admettre que d'autres facteurs, tirés des lois mal connues sur l'écoulement des fluides, doivent intervenir pour expliquer l'acte du vol naturel en général.

Mais aujourd'hui que l'on va entrer dans la voie pratique et qu'il s'agit de construire des aéroplanes, il convient, ainsi que le conseille avec raison M. Soreau, d'entreprendre des expériences suivies pour déterminer des mesures et des coefficients dont puissent se servir les constructeurs.

M. Marcel Armengaud vient de présenter à l'Académie des Sciences une note sur une méthode nouvelle pour évaluer le coefficient K de la résistance de l'air au moyen du pendule. Une particularité de l'appareil qu'il se propose d'essayer est que le plan d'attaque est disposé pour pouvoir glisser dans la direction de la tige, afin de se rendre compte de la poussée dans le sens du plan qui, jusqu'à présent, n'a pas été mesurée. De cette manière, on pourra attribuer un chiffre assez exact à celui des coefficients qui est inhérent à la nature et à la forme de la surface en mouvement dans l'air.

Il y a une trentaine d'années, étant Vice-Président de la Société Française de Navigation Aérienne, M. Armengaud avait proposé de reprendre les expériences du naturaliste anglais Pettigrew, consistant à rendre visible l'atmosphère dans laquelle on devait voir voler l'oiseau ou l'insecte. On aurait pu ainsi, par la teinte des couches d'air se trouvant sur la trajectoire de l'oiseau, se rendre compte de l'état de compression du fluide et, en même temps, par les courbes qu'engendre le mouvement des poussières, étudier les déplacements des molécules sous l'action de l'aile.

Les expériences commencées dans une volière en verre ont été malheureusement interrompues, puis abandonnées. Il en a été de même pour d'autres qui ont été entreprises dans l'établissement de MM. Geneste et Herscher en utilisant un laboratoire dans lequel on étudiait la ventilation dans les tuyaux de gros diamètre.

L'électricité pourrait bien constituer une des causes de l'acte physiologique du vol, pas la principale sans doute, mais une de celles qui permettent de comprendre pourquoi la qualité de l'aile des oiseaux est bien supérieure à celle que donnent les calculs faits avec les coefficients connus de la résistance de l'air. Il n'est pas trop osé de penser avec l'ingénieur autrichien, M. Suchanek, il se produit autour d'un corps se mouvant dans l'air, ainsi que l'a constaté le célèbre physicien Du Buat, une couche adhérente qui l'accompagne dans son déplacement, et que cette couche s'électrise par le frottement. Si le corps au lieu d'être conducteur est un bon diélectrique, ce qui est le cas, par exemple, pour l'enveloppe d'un ballon, il y aura condensation électrique donnant lieu à des attractions et des répulsions dont la résultante peut être d'augmenter le pouvoir sustentateur de l'air. Après les découvertes sur l'ionisation de l'air et sur la radioactivité des corps, il serait téméraire, sans expérience, de rejeter d'emblée les propositions du genre de celle de M. Suchanek.

Au surplus, depuis très longtemps, on a constaté certains phénomènes électriques dans les ascensions de ballons libres. C'est ainsi, par exemple, qu'il arrive souvent qu'un ballon avant d'atterrir est chargé d'électricité, ainsi que les agrès et même l'aéronaute, et que l'ensemble se décharge dès qu'il prend contact avec le sol.

Assez fréquemment les aéronautes ont observé que le ballon, à de grandes altitudes, était attiré par un nuage d'où jaillissaient des éclairs et qu'ils étaient ainsi menacés d'être foudroyés. Mais un troisième fait mérite encore plus d'attirer l'attention.

Il est arrivé quelquefois qu'un ballon étant descendu rapidement,

après qu'on a ouvert la soupape, s'arrête à quelques centaines de mètres du sol et, chose singulière, remonte brusquement, sans qu'on jette de lest. On a expliqué cette particularité par la dilatation du gaz intérieur sous l'effet de la chaleur produite par le frottement, ce qui augmente sa force ascensionnelle; mais cette action thermique ne suffit pas pour expliquer la remontée subite du ballon. Elle doit être due en grande partie à ce fait que l'enveloppe de soie vernie est un excellent diélectrique, comme l'est la matière constituant, chez les animaux volateurs, les organes de sustentation et de propulsion, le duvet qui recouvre le corps des oiseaux, la membrane velue de la chauve-souris et la pellicule cireuse de l'aile de l'insecte.

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de l'influence de l'électricité sur les corps qui se meuvent dans l'espace. Poursuivons avec persévérance et modestie la recherche, la connaissance qualitative comme quantitative des phénomènes, et ce n'est qu'ainsi que nous arriverons, peut-être un jour, à la découverte réelle des lois générales qui régissent l'univers.

M. A. Boyer-Guillon dit que des essais sur les propulseurs hélicoïdaux sont commencés au Conservatoire des Arts et Métiers, Section des machines du Laboratoire d'essais. Les expériences du colonel Renard seront reproduites en les étendant à des hélices plus puissantes et tournant plus vite que celles qu'il a étudiées, et pouvant développer 25 ch à 1200 tours. M. Boyer-Guillon sera heureux de montrer ces appareils et les expériences qui vont être poursuivies à ceux de ses Collègues qui viendraient au Conservatoire.

L'heure étant trop avancée pour commencer la discussion sur *les Moteurs légers et leurs applications*, cette discussion ainsi que la Communication de M. Lumet, sur *les Moteurs à mélange tonnant*, sont remises à la séance du 21 février.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. L.-J. Barillon, A.-M.-E. Berthier, L.-A.-M. Brill, V. Dupont, P.-A. Dupuy, L.-H. Elluin, comme Membres Sociétaires Titulaires;

M. M.-J. Mathieu, comme Membre Sociétaire Assistant;

MM. L. Barbier, Ch.-R.-P. Séré de Rivières, comme Membres Associés.

MM. G. Bourrey, P.-F. Chartaux, E.-C. Cuvelette, L.-J. Giraud, J.-H. de Gontard, J.-A. Lagarrigue, P.-Ch. Le Jeunne, A. Lisboa, H.-Ch. Magunna, M.-P.-E. Partiot, H. Renouard, R.-L. Robard, A. Roy, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. A.-A.-G. Magis, A.-L. Stockhammer, Ch. Simonnet, sont admis comme Membres Sociétaires Assistants;

M. G.-L. Gilbert, comme Membre Associé.

La séance est levée à dix heures et demie.

L'un des Secrétaires techniques.

F. Clerc.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 FÉVRIER 1908.

PRÉSIDENCE DE M. E. BARBET, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. E. BARBET, Vice-Président, exprime à l'Assemblée les regrets de M. le Président Reumaux, qui, un peu souffrant, ne peut présider la séance.

M. LE PRÉSIDENT signale une erreur d'impression qui s'est produite dans le procès-verbal de la dernière séance du 7 février ; page 38, vingtième ligne, au lieu de 4 mars 1907, IL FAUT LIRE : 4 MARS 1908.

Sous réserve de cette correction, qui sera faite du reste dans le bulletin de février, le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'une lettre de M. P. Besson, relative à la question de l'aviation traitée par M. R. Soreau dans la dernière séance.

Cette lettre est ainsi conçue :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Si j'avais pu assister à la fin de la séance du 7 février, j'aurais » demandé la parole après M. Armengaud jeune. En effet, comme lui, je » pense que le vol plané des oiseaux ne peut être expliqué par les lois » de la mécanique générale ; quant à celui de la chauve-souris, il est » peut-être encore plus inexpliquable. A mon avis certains êtres vivants » ont le pouvoir de se soustraire momentanément et au moins partielle- » ment à l'action de la pesanteur.

» Il semble, à l'heure qu'il est, constant que certains êtres humains » peuvent s'élever au-dessus du sol ; des expériences nombreuses ont été » contrôlées, tant aux Indes que dans d'autres pays.

» Quelles sont les forces mises en jeu ? le terrain ne semble pas encore » assez déblayé pour émettre une opinion ; mais à mon avis on peut » espérer que peut-être prochainement ces forces inconnues seront » rattachées aux phénomènes de radioactivité, d'ionisation, et aux » rayons N. Les sciences psychiques ne seront plus que des phénomènes » physiologiques d'un ordre particulier.

» Veuillez agréer, etc.

» Paul BESSON ».

M. A. Chélu-Bey a été promu au grade de grand-officier du Nicham Iftikar.

M. le Président adresse à M. Chélu-Bey les félicitations de la Société.

M. le Président fait connaître que M. L. Guillet, Membre du Comité, a été nommé Professeur du Cours de métallurgie et du travail des métaux au Conservatoire National des Arts et Métiers.

M. le Président est heureux de lui adresser les félicitations de la Société pour cette nomination qui montre combien sont appréciés les travaux et la valeur de M. Guillet.

M. le Président annonce que le premier Congrès International de la Route chargé d'étudier l'aménagement des routes en vue de leur adaptation aux nouveaux modes de locomotion se tiendra à Paris, en 1908. Ce Congrès a déjà acquis, vu l'intérêt général qu'il présente, l'appui du Ministère des Travaux publics, de la Ville de Paris, du Conseil général de la Seine, de l'Automobile-Club de France, du Touring-Club, etc.

La Société s'y est fait inscrire, et M. l'Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Président de la Commission d'organisation fait appel aux membres de la Société pour y prendre part. Les renseignements sur ce Congrès sont déposés à la Bibliothèque de la Société.

Le deuxième Congrès international de sucrerie et des industries de fermentation, organisé par l'Association des Chimistes, sous le patronage du Gouvernement français, aura lieu, à Paris, du 5 au 10 avril prochain, à l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 44, rue de Rennes.

Le Congrès est subdivisé en deux Sections :

Sucrerie, Président : M. F. Dupont; Industries de fermentation : Président : M. E. Barbet. Cette dernière section est elle-même subdivisée en trois sous-sections.

Le siège général du Congrès est : 156, boulevard Magenta.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochainsbulletins,

M. le Président fait connaître que le Comité a nommé délégués de la Société au Congrès International d'Électricité, qui doit avoir lieu en septembre 1908, à Marseille, M.M. H. Fontaine et P. Janet.

M. le Président annonce que, conformément aux traditions et la plupart des Membres étant absents au moment des fêtes de Pâques, la deuxième séance d'avril, qui tombe le vendredi saint, sera supprimée.

M. le Président rappelle que, dans le procès-verbal de la séance du 7 février, il a été fait mention que le 4 mars 1908 sera le soixantième anniversaire de la fondation de la Société des Ingénieurs Civils de France, qui compte encore parmi ses Membres six fondateurs : M.M. H. Biver, P. Darblay, J.-F. Durenne, A. Germon, P. Guérard, A. Le Cler; et seize membres ayant plus de 50 ans de Sociétariat, parmi lesquels :

notre doyen d'âge, M. J. Gaudry; trois anciens Présidents, MM. L. Molinos, J. Farcot et G. Eiffel.

Le Comité a décidé de commémorer d'une façon spéciale cet anniversaire, et la célébration en a été fixée au mois de mai pour diverses raisons.

Une circulaire sera incessamment envoyée aux Membres de la Société pour leur donner les renseignements relatifs à cette fête.

M. le Président dit que, sur l'invitation de M. E. Reumaux, Président de la Société, Directeur général des Mines de Lens, une excursion d'une journée aura lieu, le lundi 1er juin 1908, au Siège de l'exploitation de cet important charbonnage.

Une circulaire va être également envoyée pour donner les détails.

M. le Président rappelle qu'un travail des plus intéressants est actuellement en cours d'exécution en Suisse; c'est la construction d'un chemin de fer et d'un grand tunnel, connu sous le nom de Tunnel du Loetschberg, et devant relier les lignes aboutissant à Berne avec celles du Simplon.

L'exécution de ce tunnel, d'une longueur de 13 735 m, ainsi que les voies d'accès, a été confiée à un groupe d'entrepreneurs français, tous Membres de la Société, qui sont : MM. Allard, Chagnaud, Coiseau, Couvreux, Dollfus et Wiriot.

M. Coiseau, ancien Président, a bien voulu, en son nom et au nom de ses co-associés, inviter la Société à visiter ces importants travaux.

L'époque de cette visite a été fixée au dimanche 19 juillet, et l'excursion durera probablement cinq à six jours.

Une circulaire sera envoyée dans quelque temps.

M. le Président rappelle que, vu l'heure avancée, on n'a pu, à la dernière séance, ouvrir la *Discussion sur les moteurs légers et leurs applications*. Cette discussion a été reportée à la séance de ce jour, et il donne la parole à M. G. Lumet.

M. Lumet définit, tout d'abord, les moteurs à mélange tonnant à grande puissance massique; il dit l'intérêt que présente le moteur léger pour la voiture automobile, pour l'aviation et même pour la navigation automobile. Il insiste sur ce fait que l'on confond trop souvent le moteur à grande puissance massique avec le moteur à vitesse angulaire considérable.

L'augmentation de la vitesse angulaire est seulement l'un des facteurs de l'augmentation de la puissance massique. Cependant si la grande vitesse angulaire est parfois un obstacle à l'utilisation du moteur, on peut prévoir que les complications qui en résultent pourront recevoir des solutions heureuses, et cela même pour la navigation automobile, car on ne saurait affirmer que le propulseur tel qu'on le comprend actuellement ne peut être perfectionné.

Il y a donc intérêt à étudier tous les facteurs qui tendent vers l'augmentation de la puissance massique.

M. Lumet donne quelques chiffres qui proviennent d'une enquête faite près des Constructeurs par la Commission Technique de l'Auto-

mobile-Club de France, concernant la puissance des moteurs rapportée à leur poids.

Il démontre que, pour les moteurs de voitures automobiles, la courbe que l'on peut tracer à l'aide des deux données : puissance et puissance massique est désormais connue. Il indique sur le graphique quelle est la position occupée par le moteur R. Esnault-Pelterie et dit que, prochainement, grâce aux efforts faits par les constructeurs de moteurs légers, une courbe nouvelle, très probablement parallèle à la première, passera par le point caractéristique du moteur de M. Esnault-Pelterie.

M. Lumet fait un exposé des conditions de l'augmentation de la puissance massique : ces conditions, quoique liées intimement entre elles, peuvent être, cependant, pour la facilité de la discussion, rangées en trois catégories : 1° celles qui participent de la construction des moteurs ; 2° celles qui ont pour effet une augmentation du couple moteur ; 3° celles qui ont pour effet l'augmentation de la vitesse angulaire.

Première catégorie. — Parmi les conditions de la première catégorie, il faut comprendre celles qui, par un groupement intéressant et logique des organes du moteur contribuent à la diminution de son poids. M. Esnault-Pelterie, a, dans une précédente communication, démontré de façon évidente, qu'il avait solutionné le problème dans cette voie.

Une autre condition est la recherche raisonnée d'un mode de refroidissement des parois différent de celui actuellement employé sur les moteurs de voitures (circulation d'eau par pompe et radiateur). M. A. Farcot a déjà donné à la Société d'utiles indications sur ce point spécial.

Toujours dans cette catégorie doivent être rangées toutes les conditions favorables à la diminution des effets d'inertie par la diminution du poids des organes en mouvement.

Deuxième categorie. — Parmi les conditions favorables à l'augmentation du couple moteur, il faut comprendre :

1° toutes celles qui ont pour effet utile un remplissage plus parfait de la cylindrée; les conditions de l'alimentation au point de vue de la vitesse d'écoulement des gaz, tant dans le carburateur qu'à travers les tuyauteries et les soupapes d'admission, sont à étudier particulièrement.

Toute perte de charge est un facteur de diminution du poids de mélange carburé introduit et les gaz doivent posséder la vitesse la plus réduite compatible avec les conditions d'entraînement du combustible et de sa pulvérisation ;

2° Il faut comprendre encore dans cette catégorie les conditions favorables de l'allumage, tant en ce qui concerne l'énergie mise en jeu dans cet allumage, qu'en ce qui concerne le choix de l'endroit où il doit se produire.

La forme hémisphérique de la culasse est, certainement, celle qui convient le mieux au moteur à mélange tonnant ;

3° L'influence du calage des soupapes sur l'améliorіation du couple moteur est démontrée par des résultats comparés après adoption de calages différents.

Notre collègue donne communication de schémas de calage.

4° L'augmentation de la compression volumique est, d'après M. Lumet, un élément favorable à l'augmentation du couple moteur. Cet élément, dit-il, est consteste par certains au point de vue de son effet utile sur l'augmentation de la puissance massique ; on dit quelquefois qu'un moteur à compression élevée ne peut acquérir une grande vitesse angulaire !

M. Lumet indique que le calage du point d'ouverture de la soupape d'échappement joue, par rapport à l'augmentation de la compression, un rôle important, en ce que ces deux éléments sont liés entre eux au point de vue de leur influence sur l'augmentation de la vitesse angulaire.

Si l'on augmente la compression, dans la limite imposée par l'auto-allumage, bien entendu, il faut augmenter l'avance à l'échappement si l'on veut que la vitesse angulaire croisse ; on améliore une partie du cycle, mais on sacrifie l'autre partie.

Le moteur à grande vitesse angulaire est un moteur à coups de poing de grande puissance qui frappent violemment mais ne prolongent pas leur action ;

5° Tout dernièrement, on a recherché l'augmentation du couple moteur par l'introduction d'oxygène, en substituant ce comburant à une partie seulement de l'air atmosphérique. C'est là un procédé un peu violent qui nécessite l'emploi d'un deuxième carburateur approprié à l'utilisation de cet excès de comburant.

En effet, l'oxygène n'aura une action réelle au point de vue de l'augmentation du couple moteur qu'autant que le carburateur sera susceptible de fournir une proportion d'essence plus élevée que lorsque l'on marche avec l'air atmosphérique.

De cette façon, le poids de mélange carburé ainsi formé est plus élevé du fait de l'augmentation du poids des deux éléments comburant et combustible ;

6° La nature du combustible intervient également dans l'augmentation du couple moteur, certains combustibles liquides, l'alcool en particulier, sont susceptibles de subir des compressions plus élevées, certains autres possèdent des propriétés explosives telles qu'il en résulte une augmentation de la pression d'explosion.

Troisième catégorie. — La plus grande vitesse angulaire sera évidemment favorisée par plusieurs des conditions qui ont été rangées dans les deux premières catégories, en particulier par la réduction des effets d'inertie et par le meilleur remplissage de la cylindrée.

Elle sera aussi favorisée par des conditions spéciales de graissage et par une évacuation facile des gaz brûlés.

M. Lumet cite à ce propos des expériences faites au laboratoire de l'Automobile-Club de France sur des tuyauteries d'échappement, expériences dont les conclusions furent les suivantes :

1° Les gaz, du fait de l'échappement à la sortie du moteur (échappement libre) éprouvent, de la part de l'air, une contre-pression qui se traduit par une diminution de la puissance du moteur ;

En vue de l'augmentation de la puissance, on a intérêt à provoquer

une condensation des gaz de l'échappement par un rapide refroidissement de ces gaz, immédiatement à la sortie du moteur;

3° On ne doit pas, dans le refroidissement des gaz, dépasser une certaine limite telle que les procédés employés pour réaliser ce refroidissement viennent, par une diminution de la puissance de leur fait, contrebalancer l'augmentation obtenue par le refroidissement.

M. le Président remercie M. Lumet d'avoir bien voulu communiquer les travaux intéressants qu'il a faits et qu'il poursuit à l'Automobile-Club de France. Il a donné les conditions diverses qui peuvent augmenter la puissance massique d'un moteur. Il a fait voir qu'on ne doit pas marchander les grandes sections de passage des gaz au carburateur et dans les soupapes. De ce côté il n'y aurait que de mauvaises économies de matière.

Par contre, M. Lumet a montré qu'avec un moteur déterminé, on peut, avec des artifices de calage augmenter sa puissance. Il a montré encore d'autres éléments concourant à augmenter la puissance des moteurs, et la discussion va se poursuivre sur la valeur de ces différents moyens. Mais il y a certains points qu'il ne faut pas négliger, notamment la possibilité, avec un moteur déterminé, d'augmenter sa puissance par le choix du liquide carburant. Souvent l'on ne brûle pas intégralement le combustible. Il y a des conditions déterminées qui font que la puissance massique d'un moteur peut être augmentée de ce fait.

La parole est donnée à M. L. Périssé.

M. Lucien Périssé, en l'absence de M. Loreau, Président de la Commission technique de l'A. C. F., retenu loin de Paris, demande à faire connaître les travaux de cette Commission sur les moteurs légers et en particulier les études auxquelles elle s'est livrée à propos d'une catégorie spéciale de ces moteurs, ceux dits *à refroidissement par l'air*.

Le premier moteur d'automobile de cette catégorie ayant donné des preuves de bon fonctionnement est le moteur américain Frayer Miller, dans lequel l'air est refoulé par un ventilateur dans un collecteur supérieur, d'où il circule de haut en bas autour des culasses et des cylindres munies d'ailettes.

En France, M. Hautier a établi en 1907 une petite voiture de ville munie d'un moteur de 80 mm d'alésage et de 115 mm de course, avec quatre cylindres à ailettes verticales disposés dans le sens longitudinal, les cylindres portent de chaque côté une ailette plus grande qui vient se joindre à l'ailette extérieure du cylindre voisin pour constituer une gaine continue. L'air est refoulé par un ventilateur dans une buse ayant la forme d'un demi-tronc de cône placée au-dessus des cylindres, il lèche ainsi les cylindres en provoquant une action d'aspiration ascendante tout autour des culasses. Le constructeur a fait un châssis de dimensions identiques au précédent, mais avec un moteur à refroidissement par l'eau avec radiateur et pompe ; il a constaté, d'une part, égalité de puissance entre les deux véhicules et, d'autre part, un avantage de poids de près de 64 kg en faveur du véhicule sans eau. M. Hautier a construit également un moteur de 100 mm d'alésage pour 115 mm

de course donnant 27 ch à 1 250 tours pesant en ordre de marche, sans réservoir, environ 6 kg par cheval, chiffre intéressant pour un moteur de moyenne puissance.

M. L. Périssé, rappelant brièvement les travaux si remarquables de M. Esnault-Pelterie, dont M. Lumet vient de parler, note que notre Collègue a réalisé un moteur d'aviation de 35 ch à 1 500 tours d'une puissance massique de 1,35 kg par cheval en ordre de marche, sans réservoir d'essence.

M. Amb. Farcot, quand il a présenté à la Société ses aéromoteurs, accusait un poids de 2,3 kg par cheval pour une puissance de 110 ch; ce moteur, qui a figuré au Salon de l'Automobile en novembre dernier, était alors muni d'un système de distribution par deux jeux de soupapes à la façon ordinaire. Améliorant son système, notre Collègue a créé une série de moteurs huit cylindres; l'un, de 50 ch à 1 500 tours, pèserait seulement 55 kg avec son carburateur, sa magnéto et son ventilateur; l'autre, d'une puissance de 110 ch, arriverait à descendre sa puissance massique à moins de 1 kg par cheval. Ce remarquable résultat est dû à l'adoption de la soupape à double effet, que M. Farcot a décrite à la Société précédemment et qui a pour résultat de diminuer le poids, tout en assurant un excellent refroidissement des organes de distribution.

Tout dernièrement, MM. Renault frères, les constructeurs bien connus d'automobiles, ont demandé à la Commission technique de l'A. C. F. de faire constater officiellement les résultats obtenus par le moteur d'aviation qu'ils exposaient au Salon de l'Automobile (Annexe des Invalides). M. Jules Carpentier, Vice-Président, et M. L. Périssé, Secrétaire de la Commission, furent désignés pour suivre les essais. Voici le résultat des constatations faites :

Le moteur à huit cylindres en V, de 90 mm d'alésage et de 120 mm de course, développe en moyenne 52 ch à 1 800 tours pour un poids de 142 kg en ordre de marche, sans réservoir d'essence, soit une puissance massique de 2,7 kg par cheval; dans ce poids est compris le réservoir de graissage contenant 2 l d'huile et sa pompe, ainsi que le système de refroidissement et sa commande, dont le poids total est de 12,6 kg; il se compose de deux ventilateurs débitant 600 l d'air par seconde sous une pression de quelques centimètres d'eau; la puissance absorbée par ces ventilateurs est de 4 ch environ, soit 8 0/0 environ de la puissance disponible; l'air aspiré à près de 10 degrés sortait entre les ailettes des cylindres à une température maximum de 42 degrés; les cylindres ne présentaient pas de traces d'échauffement après un quart d'heure de fonctionnement; nous avons estimé que les parties les plus chaudes des culasses ne s'élevaient pas à plus de 250 degrés, température qui reste compatible avec un bon graissage; la consommation du moteur a été en moyenne de 600 g d'essence par cheval heure.

Le moteur de M. Renault a été muni d'un démultiplicateur en vue de son application à un aéroplane existant, dont l'hélice était calculée pour une vitesse angulaire de 1 000 tours; ce démultiplicateur constitué par une paire d'engrenages de 16 et 27 dents, pesait avec son carter, 5 kg. son rendement était de 0,92 et la puissance massique du moteur ne dépassait pas alors 3 kg par cheval.

M. Lucien Périssé signale enfin que le comité de l'A. C. F. a, dans une séance toute récente, adopté le règlement élaboré par la Commission technique, pour un *Concours de moteurs à mélange tonnant à grande puissance massique*, qui doit avoir lieu en décembre 1908. Ce concours est ouvert à tous moteurs de 25 à 80 ch, ne dépassant pas 4 kg par cheval Le poids du moteur comprendra tout ce qui est utile à son fonctionnement, y compris les réservoirs et les accessoires de marche; le poids de la tuyauterie d'échappement n'est pas compris dans le poids, mais, par contre, on y comprendra les poids d'essence, d'huile et, s'il y a lieu, d'eau nécessaires pour assurer le fonctionnement à la puissance moyenne pendant une heure. Tous les combustibles liquides sont autorisés. La puissance considérée et la moyenne sera relevée pendant un essai de trois heures à pleine charge, sans aucun arrêt, précédé d'une marche à vide d'un quart d'heure. Ce sont là, évidemment, des conditions très dures, de nature à assurer toute garantie.

En terminant, M. L. Périssé indique, des études de la Commission technique de l'A. C. F., il résulte à son avis, que le problème des moteurs légers va être évidemment résolu par la création de moteurs à refroidissement par l'air, munis de systèmes de distribution à double effet, analogues aux dispositifs Farcot ou Esnault-Pelterie, remplaçant le système déjà antique, des soupapes commandées d'admission et d'échappement; ces moteurs légers, indispensables pour les aéroplanes et même pour les aéronats, doivent apporter à l'industrie automobile des éléments intéressant au plus haut point l'avenir de certaines catégories de véhicules, et peut-être notamment des fiacres, dont il entretiendra la Société dans une prochaine séance.

M. le Président remercie M. Périssé de l'exposé si intéressant qu'il vient de faire et qui montre une fois de plus avec quel souci l'Automobile-Club de France s'occupe de ces questions, apportant un concours précieux aux industriels par son laboratoire.

La certitude d'avoir plusieurs concurrents pour le concours des moteurs à puissance massique ne dépassant pas 4 kg par cheval, et la qualification de système antique appliquée à un type de soupapes datant de cinq ans seulement, montrent combien sont rapides les progrès dans cette industrie des moteurs à explosion.

La parole est donnée à M. Marot.

M. Marot expose que, pour avoir le moteur le plus léger, il faut changer les organes des moteurs, la bielle et la manivelle donnant un mauvais rendement, ou mieux, un rendement incomplet de la puissance développée par les explosions.

Il a réalisé et fait fonctionner un moteur basé sur un nouveau mode de transformation de mouvement permettant d'obtenir la résultante totale et une longue détente par l'action constamment normale et tangentielle pendant la période motrice. Ce mode de transformation de mouvement est basé sur une théorie qui est déposée à l'Académie des Sciences.

D'autre part, pour augmenter la puissance des moteurs, M. Marot a

cherché un explosif maniable, n'attaquant pas les métaux, ne coûtant pas trop cher et ne laissant aucun résidu. La nitronaphtaline remplit ces conditions et peut être ajoutée dans des proportions convenables à l'alcool ou à l'essence. Avec 15 g environ on double la puissance explosive d'un litre d'essence. Les résultats sur un moteur d'automobile ont été concluants.

M. Marot déposera du reste à la Société un mémoire pour exposer le résultat de ses recherches et expériences.

M. Lumet demande à M. Marot quelle pression maximum d'explosion est atteinte avec le combustible qu'il préconise.

M. Marot répond qu'il n'a procédé à aucune mesure de ce genre.

M. le Président remercie M. Marot de sa communication très hardie. Avec l'emploi d'explosifs dans les moteurs à explosion, il y a à se mettre en garde contre le coefficient de sécurité à ne pas dépasser.

M. Guillet tient à ne pas laisser clore cette discussion sans appeler l'attention sur les progrès qui peuvent être obtenus dans la construction des moteurs légers, grâce aux métallurgistes, qui produisent des aciers spéciaux et des alliages pouvant donner des résistances et des qualités que l'on n'aurait pas escomptées il y a encore peu d'années.

Actuellement des études très importantes se poursuivent pour produire des fontes de très grande résistance avec adjonction de divers éléments et notamment de Vanadium.

Les alliages d'aluminium, très employés pour les carters des moteurs d'automobile, sont surtout des alliages avec 3 à 4 0/0 de cuivre. On sait que le magnésium, allié à l'aluminium, dans de faibles proportions, donne un alliage suffisamment résistant et d'une moindre densité que les alliages ordinaires. On peut s'étonner que ces produits ne trouvent pas plus d'application dans la construction des moteurs légers.

Les dernières Expositions métallurgiques dans les récents Salons d'automobiles ont montré des aciers de qualité remarquable donnant 175 kg de charge de rupture avec 140 kg de limite d'élasticité, ce qui permet de réduire notablement les poids des pièces des moteurs et des châssis d'automobiles pour lesquelles on les emploie. Ces aciers sont des aciers plus ou moins complexes au Vanadium.

La métallurgie apporte encore son concours précieux pour faciliter le graissage des organes à grande vitesse, qu'il est presque impossible d'obtenir par les moyens ordinaires avec liquides lubrifiants. Il faut utiliser les alliages autograisseurs. Les bronzes au plomb permettent d'atteindre ce but, le plomb qui est libre jouant le rôle de lubrifiant.

Enfin, en Allemagne, on parle beaucoup d'alliages extra-légers pour coussinets. Ces résultats en font espérer d'autres plus remarquables encore.

M. Lumet, répondant à M. Guillet, indique qu'il peut citer les expériences faites par MM. A. Peugeot et Tony Huber au dernier concours de moteurs à deux temps organisé par la Commission technique de l'A. C. F. Ces constructeurs, dont le moteur fut classé premier dans ce concours, pré-

sentaient un moteur muni d'un piston en aluminium. Le choix de l'alliage utilisé, d'une part, la présence d'ailettes placées à l'intérieur du piston et facilitant l'évacuation de la chaleur transmise au fond de ce piston, d'autre part, font que le métal ne subit pas d'attaque du fait des explosions.

Il est certain que l'on peut redouter la formation d'une véritable *mousse d'aluminium* après un certain usage du piston; cependant, le cas ne s'est pas présenté pour le moteur mis au concours et M. Lumet pense qu'en soumettant le métal du piston à de fortes pressions, au cours de sa fabrication, on arriverait à remédier à cet inconvénient possible.

M. Lucien Périssé, pour compléter les si intéressantes indications données par M. Guillet, signale qu'aux États-Unis un Ingénieur français a créé dernièrement des alliages d'aluminium contenant une faible proportion de cobalt qui donnent des résultats très remarquables comme résistance à l'attaque des divers agents naturels. De plus, les procès-verbaux des essais accusent une résistance atteignant en certains cas jusqu'à 30 kg avec un allongement de 6 à 8 0/0, la densité restant voisine de 3, ce qui indique un métal léger ayant des qualités exceptionnelles, de nature à rendre service aux Constructeurs de moteurs légers.

M. Guillet répond que, pour avoir les meilleurs résultats avec l'aluminium, il pense que c'est l'aluminium absolument pur qu'il faut employer, comme Moissan l'avait fait ressortir il y a déjà quelques années par ses remarquables travaux sur l'aluminium. L'alliage reconnu comme s'attaquant le moins est l'alliage d'aluminium pur avec 3 0/0 de manganèse.

En ce qui concerne les résultats indiqués par M. Périssé, obtenus avec l'aluminium-cobalt, il est à craindre qu'ils n'aient pas été contrôlés et soient ceux fournis par le fabricant même de cet alliage. En 1900, M. Guillet a eu l'occasion d'examiner de l'aluminium-cobalt et il a constaté qu'il ne diffère pas beaucoup de l'aluminium-nickel; mais ces deux alliages s'attaquent également avec une grande rapidité par l'eau, ce qui semble limiter singulièrement leur emploi.

On peut dire que l'alliage riche en aluminium qui aurait 35 kg de résistance avec 28 kg de limite élastique et 15 à 20 0/0 d'allongement serait la vulgarisation industrielle de l'aluminium et la solution du problème qu'on cherche à résoudre depuis Sainte-Claire-Deville.

M. le Président dit que cette discussion n'aurait pas été complète si la question des métaux n'avait pas été traitée. M. Guillet l'a fait avec sa compétence dans cette matière. Les résultats qu'il a signalés vont permettre aux Constructeurs et aux Inventeurs de poursuivre leurs études et leurs travaux avec une parfaite sécurité sur les organes très légers employés.

Vu l'heure avancée, M. Lumet ne donne pas communication des résultats de consommation des derniers concours de moteurs de faible puissance à mélange tonnant. Sur la demande de M. le Président, notre Collègue indique qu'il résumera dans le Bulletin les données de sa communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. le Comte R. de Baillehache, P. Heuchel, G. de Coninck, Ch. É. Yaher, L.-V.-M.-H. Baraduc-Muller. comme Membres Sociétaires Titulaires, et de

MM. Ed. Ch. E. Chevallier, H. Descieux, baron N. de Jomini, V. Juville, G. V. Meriot, A. Morpurgo, A. F. Pasquier comme Membres Associés.

MM. L. J. Barillon, A. M. E. Berthier, L. A. M. Brill, V. Dupont, P. A. Dupuy, L. H. Elluin, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. L. Barbier, Ch. R. P. Séré de Rivières comme Membres Associés et

M. M. J. Mathieu, comme Membre Sociétaire Assistant.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires techniques :
F. Clerc.

LA
CRISE DE L'APPRENTISSAGE

PAR

M. Paul BESSON

On s'accorde à trouver que le savoir professionnel des ouvriers est, en général, en décroissance, et que le recrutement d'un personnel habile devient, pour la grande et la petite industrie, de plus en plus difficile. On entrevoit même l'impossibilité qu'il y aura, d'ici quelques années, à assurer la production dans certains corps de métiers. La crise de l'apprentissage n'est évidemment pas la seule cause de cet état de chose, de cette incohérence; il n'en est pas moins vrai que, pour les industriels et les économistes, la diminution du nombre des bons ouvriers vient de ce qu'on forme de moins en moins d'apprentis.

La question que nous traitons ici est d'une importance capitale pour l'industrie, car c'est le cas de dire : *Primo vivere.* Toutes les organisations patronales ou ouvrières, les Pouvoirs Publics s'en préoccupent, chacun imagine des causes et préconise un remède. Nous avons cherché à nous former une opinion avec les documents publiés dans ces dernières années, avec les avis des compétences diverses; c'est en toute indépendance et en cherchant à nous tenir aussi loin que possible de tout parti pris que nous allons résumer le résultat de notre enquête.

La crise de l'apprentissage n'existe pas seulement en France ; c'est un malaise mondial, qui date déjà de plusieurs années, puisque, dès 1872, M. Gréard prononçait ces paroles à la grande Commission instituée, sur la demande du duc d'Audiffret-Pasquier, pour examiner la question de « l'Enseignement professionnel en France » : « C'est le cri de tous les fabricants pari-
» siens, soucieux de l'avenir de la richesse nationale; l'appren-
» tissage s'en va, bientôt il n'existera plus. Il n'est pas un dépo-
» sant de la grande enquête sur l'Enseignement professionnel

» qui n'ait émis un vœu profondément empreint de cette
» inquiétude. »

Si la crise est plus intense en France que dans les autres pays, cela tient à ce que les causes en sont plus fortes ici que dans les autres nations, que les remèdes n'y ont pour ainsi dire pas été apportés, et qu'enfin notre genre d'industrie a besoin d'une main-d'œuvre de qualité supérieure; les œuvres d'art et de luxe, qui forment le plus gros chiffre de l'industrie française, demandent un soin et un fini dont n'a que faire l'article conditionné à la grosse et à bas prix.

Il n'y a donc pas lieu, à notre avis, de faire ni assimilation, ni comparaison entre les industries françaises et allemandes: les caractères, les mœurs, les qualités et les défauts des deux races sont différents; les moyens employés en Allemagne pour combattre la crise de l'apprentissage peuvent ne pas convenir en France et réciproquement.

En France, nous ne pouvons prétendre, dans beaucoup de cas, à la supériorité de l'article en série; c'est une raison de plus pour assurer la perpétuité de nos travaux de spécialité, où notre maîtrise s'affirme toujours par les qualités de goût héréditaires dans notre race. Enfin, il est une industrie où il est nécessaire d'assurer le progrès constant, c'est le plus important de notre pays, l'industrie agricole; elle suffit à l'heure qu'il est aux nécessités locales et elle forme un très grand appoint à notre commerce d'exportation; l'apprentissage, le développement continu des méthodes rationnelles et scientifiques aideront à lutter contre les préjugés et les vieilles habitudes. si difficiles à déraciner, et qui bénéficient seulement du privilège de l'ancienneté.

Nous allons examiner les diverses causes de la crise de l'apprentissage.

1° Causes morales.

Pour nous, elles sont de première importance, car elles dépendent des mœurs, coutumes ou aspirations de notre race; elles sont liées intimement à l'état d'âme de notre pays, à son hérédité, et nous croyons ne pas pouvoir mieux faire que d'emprunter à M. Gustave Le Bon ce remarquable passage de son livre si intéressant, *la Psychologie de l'Éducation;* son opinion est un peu outrancière, mais dans le fond il n'y a rien à changer :

« La principale raison qui fait fuir en France le travail ma-

» nuel et tout ce qui y ressemble, ce n'est pas tant l'effort qu'il » demande que le mépris qu'il inspire. Chez les peuples latins, » le plus infime clerc, le plus humble commis, le plus modeste » professeur, se croient d'une caste fort supérieure à celle d'un » industriel ou d'un artisan, bien que ceux-ci gagnent davan- » tage et exécutent des travaux exigeant beaucoup plus d'intel- » ligence.

» Il résulte de cette croyance générale que la plupart des » parents tâchent de faire entrer leurs fils dans cette caste supé- » rieure et les sortir de la caste considérée comme inférieure.

» Le peuple voit dans l'instruction le moyen de faire de ses » enfants soit des employés, soit des fonctionnaires. »

Il y a quelques années, sous le régime de la loi de recrutement de 1889, dans beaucoup de coins de France, le rêve du paysan était de faire de son fils un prêtre ou un instituteur, suivant son opinion politique. Cet amour du fonctionnarisme a été également fort bien décrit par M. Keller, vice-président de la Société générale d'Éducation, qui écrit :

« Aujourd'hui l'ouvrier ne veut plus que son fils travaille de ses mains, il préfère en faire un petit employé, mal payé, » et nos écoles primaires ne contribuent que trop à cultiver ces » illusions. A la campagne, beaucoup d'agriculteurs ne veulent » plus que leurs fils cultivent la terre, ils cherchent à en faire » de petits fonctionnaires. C'est une véritable contagion, si bien qu'en France, pour les travaux manuels, le terrassement, la » culture, nous sommes obligés de faire venir des Italiens ou des Belges.

» L'Algérie se peuple de Maltais et d'Espagnols; pendant ce » temps-là, nos villes fourmillent de scribes qui, en vertu de » l'offre et de la demande, se contentent de traitements tout à » fait insuffisants. »

Ces mœurs ne sont, hélas ! pas nouvelles; il ne convient pas d'être le *Laudator temporis acti*, d'Horace, car au milieu du XVIII[e] siècle, alors que les vieilles corporations avec leurs jurandes existaient encore, voici ce que Diderot écrivait dans l'*Encyclopédie* :

« Les études théoriques sont propres à remplir les villes d'or- » gueilleux raisonneurs et de contemplateurs inutiles, et les » campagnes de petits tyrans, ignorants, oisifs et dédaigneux.

» On a bien plus loué des hommes occupés à faire croire que

» nous étions heureux que des hommes occupés à faire que
» nous le fussions, en effet.

» Nos artisans seront crus méprisables, parce qu'on les a mé-
» prisés. Apprenons-leur mieux à penser d'eux-mêmes, c'est le
» seul moyen d'obtenir des producteurs parfaits. »

Il fallait que le travail manuel ne fût guère en honneur pour que J.-J. Rousseau put écrire cet aphorisme dans l'*Émile* :
« Savoir se servir de ses mains est une supériorité dans toutes
» les circonstances de la vie. »

Si nous avons insisté sur ces causes morales, c'est qu'elles sont de celles dont on parle le moins; le Français aime assez condenser son opinion dans l'approbation ou la désapprobation d'un texte de loi.

2° Causes économiques.

Il en est une, d'abord, qui se rattache étroitement aux précédentes; devant les besoins de luxe et de confort qui croissent, de ce qu'on est convenu d'appeler, bien à tort, « les difficultés de la vie », qui ne font que diminuer avec les progrès de toute sorte, la famille désire que l'enfant apporte son contingent de salaire dès que la fréquentation scolaire, déjà si négligée, cesse, à onze ans pour les enfants munis du certificat d'étude, à treize ans pour les autres; les parents placent l'enfant dans une maison de commerce où on l'emploie, moyennant un faible salaire, à des travaux de bureau ou à faire des courses. L'apprentissage à l'atelier est une charge et il n'est pas coutume de donner un salaire à un débutant, qui coûte et ne produit pas.

L'enfant qui ne va pas à l'atelier devient un déraciné de sa classe, il ne redeviendra pas ouvrier comme son père. Le patron, d'autre part, devant produire rapidement et à bon compte, cherche une main-d'œuvre hâtive, il ne tient pas à s'encombrer d'apprentis; dans beaucoup d'ateliers, ce sont des machines conduites par des manœuvres faciles à remplacer qui travaillent.

Dans l'atelier familial, le père n'a pas le temps, le plus souvent, de s'occuper de l'apprentissage de son fils; l'ouvrage presse.

La division du travail amenée par un machinisme toujours grandissant conduit à la suppression, peu à peu, de la main-d'œuvre habile; l'ouvrier se transforme en machine, la spécialisation outrancière règne partout.

Enfin, devant les modifications rapides des industries, les perfectionnements sans cesse apportés aux méthodes de travail, l'ouvrier hésite devant un apprentissage long et dispendieux, de cinq ou six années, qui peut le conduire à un chômage. Pour beaucoup d'industries, l'apprentissage a été un capital perdu, l'ouvrier bien en possession de son métier s'est trouvé parfois devant un métier disparu.

L'apprentissage moderne ne peut plus être ce qu'il était autrefois, il faut donner à l'enfant des connaissances générales qui, élargissant ses capacités, le garantisse autant qu'il est possible du chômage, si douloureux pour tous.

3° Causes législatives.

C'est la loi du 22 février 1851, toujours en vigueur, qui règle l'apprentissage. Cette loi, très élastique, prévoyait le contrat écrit, le contrat verbal ou l'absence de tout contrat. Il est certain que, dans l'esprit du législateur, le contrat écrit eût dû être le plus souvent de règle.

Il n'en fut malheureusement rien et, dès 1860, sur les 19742 apprentis de Paris, 4500 avaient des contrats écrits. La proportion est à peine de 25 0/0; elle n'a fait que décroître depuis. Quant au contrat verbal, personne ne le prend au sérieux, chaque parti cherche à ne pas être lésé, les tribunaux l'interprètent tantôt au profit des uns, tantôt au profit des autres; en fait, il n'y a pas de contrat d'apprentissage.

Avant d'en arriver à la discussion des effets de la loi du 30 mars 1900, qui fait couler tant d'encre en ce moment, il convient de montrer rapidement quelles ont été les lois qui l'ont précédée.

La question se pose tout d'abord de savoir quel est le droit de l'État dans la réglementation des heures de travail. A notre avis, nous croyons que, pour les enfants, le devoir de la société est entier et que la protection de l'enfance contre les abus de toutes sortes, même vinssent-ils de la part de parents avides, est une obligation. Les économistes du commencement et de la moitié du XIXe siècle étaient pour la non-intervention; en cela ils étaient conséquents avec eux-mêmes, étant libre-échangistes. Ce n'est pas aux industriels, qui ont grandi les pouvoirs de l'État en l'appelant à établir des tarifs de douane, de réclamer contre son intervention protectrice.

C'est, du reste, sous le premier cabinet du duc de Broglie, le vicomte de Meaux étant ministre du Commerce, que fut votée la loi du 19 mai 1874, qui interdisait aux enfants âgés de moins de douze ans de travailler plus de six heures par jour ; qui, pour les enfants âgés de plus de douze ans limitait à douze heures le temps de travail, à l'exclusion de tout travail de nuit. Enfin, ce fut cette loi qui organisa l'inspection du travail en fixant le nombre des inspecteurs à quinze.

Vint ensuite la loi du 2 novembre 1892, qui limita les heures de travail à dix pour les enfants de treize à seize ans, à onze de seize à dix-huit ans, avec un maximum de soixante heures par semaine, enfin à onze heures sans limitation au-dessus de dix-huit ans, sauf pour les filles et les femmes.

Nous trouvons la circulaire ministérielle du 14 octobre 1899, qui autorise la présence des enfants âgés de moins de treize ans à l'atelier, à condition qu'un enseignement professionnel leur soit donné et que les objets par eux fabriqués ne soient pas destinés à la vente.

Nous arrivons enfin à la fameuse loi du 30 mars 1900. L'article 1er fixe à dix heures par jour la durée de travail pour les enfants âgés de moins de dix-huit ans et pour les filles et les femmes. Cet article n'est pour ainsi dire pas discuté, c'est simplement une modification de la loi de 1892. Il n'en est pas de même de l'article 2, qui fixe la durée de travail à dix heures pour les adultes travaillant dans les mêmes locaux que les femmes et les enfants.

Ce qui veut dire qu'aucun métier employant des apprentis le jour ne pourra faire des heures supplémentaires, quand bien même les apprentis ne sont plus présents. Chose plus grave, si dans un même atelier travaillent quatre corps de métier, comme dans la carrosserie, forgerons, menuisiers, peintres et selliers, aucun de ces corps de métiers ne pourra faire d'heures supplémentaires si un seul d'entre eux forme des apprentis.

Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que patrons et ouvriers se soient trouvés d'accord pour ne pas vouloir avoir des apprentis : l'intérêt est le même pour tous.

La Cour de cassation a, par ses arrêts, interprété la loi de façon plutôt bizarre : il y a des considérants spéciaux, suivant que les ateliers sont sous un même toit, sans porte de communication entre eux, ou autrement.

Dès 1902, à peine deux années après la promulgation de la loi

du 30 mars 1900, M. Rudelle déposait une proposition de loi abrogeant la partie si fâcheuse de la loi, le malheureux article 2, et voici ce qu'il disait dans les considérants :

« Dans la plupart des industries, cela a été la suppression totale et à bref délai du travail des apprentis; autant dire que l'apprentissage ne pourra commencer qu'à dix-huit ans. »

En encombrant d'enfants le commerce et en repoussant de l'atelier les apprentis, la loi du 30 mars 1900 a assuré d'une façon parfaite le recrutement des vagabonds et apaches; en augmentant cette tare de notre société, elle a, avec l'alcoolisme, amené la démoralisation croissante de la population; au lieu d'élever son esprit, elle l'a abaissé. La crise de l'apprentissage conduit à un retour en arrière ; cela nous donne à espérer que les lois générales de l'évolution ne sont arrêtées que passagèrement, et que le progrès de notre société se poursuivra.

L'industrie a subi une révolution si grande dans le cours du XIX[e] siècle, qu'elle n'a pu trouver encore un terrain stable; comme les peuples après une convulsion, il lui faut longtemps pour retrouver son équilibre; nous sommes encore dans une période d'équilibre instable, mais nous ne doutons pas de l'avenir.

Enseignement professionnel.

Le premier remède qu'on a cherché à apporter à tant de maux a été la constitution d'un enseignement professionnel.

Le duc de la Rochefoucauld-Liancourt, épris de l'*Émile*, organisa l'école qui, modifiée par la suite, est devenue l'École des Arts et Métiers de Châlons. Nous ne passerons pas en revue ce qui a été fait depuis la Révolution jusqu'à 1870; autant dire que presque rien ne fut entrepris et que, devant des difficultés croissantes, on se borna à déplorer sans remédier.

Il est certain que pendant une grande période du XIX[e] siècle, le Gouvernement du pays ne s'est guère occupé de l'instruction primaire; il faut arriver à Duruy, et surtout à l'œuvre de ces dernières années.

Jules Ferry, l'auteur de la loi du 28 mars 1882, sur l'obligation scolaire, a écrit :

« Lorsque le rabot et la lime auront pris, à côté du compas, de la carte de géographie et du livre d'histoire, la même place

et seront l'objet d'un enseignement raisonné et systématique, bien des préjugés disparaîtront, bien des oppositions de caste s'évanouiront, la paix sociale se préparera sur les bancs de l'école primaire et la concorde éclairera de son jour radieux l'avenir de la société française. »

C'était le rêve d'un noble cœur et d'un esprit élevé, mais seulement un rêve.

L'enseignement professionnel a été ainsi défini par le Conseil d'État : *Enseignement qui a pour objet la pratique des arts utiles et l'application des connaissances scientifiques et artistiques aux diverses branches de l'industrie et du commerce.*

Est-ce à dire que, dans l'idée des créateurs de l'enseignement professionnel, le dit enseignement eut pour but l'apprentissage à proprement parler : bien au contraire.

En 1889, au Congrès de l'Exposition, M. O. Gréard, vice-recteur de l'Université de Paris, écrivait dans son rapport :

« Dans l'enseignement primaire, l'enseignement professionnel ne peut être qu'une préparation lointaine à l'exercice de la profession, un avant-goût, une amorce, un moyen de montrer à l'enfant les applications des notions générales qu'il reçoit et le profit qu'il en peut tirer. »

En 1907, notre éminent ami, M. René Leblanc, Inspecteur général de l'Enseignement professionnel au Ministère de l'Instruction publique, écrit dans son dernier ouvrage, *La Réforme des Écoles primaires supérieures* :

« L'apprentissage complet d'un métier ne saurait se faire dans un établissement scolaire, les professionnels sont unanimes à le déclarer. »

Et plus loin, il écrit encore :

« La solution de l'apprentissage ne réside pas dans la création d'un nombre suffisant d'écoles pratiques ou professionnelles, le projet de loi sur l'enseignement technique le proclame, la Commission du travail l'a reconnu. »

D'où vient que les dires des grands universitaires que nous venons de citer soient en contradiction avec la réalité des choses. L'Université dans son ensemble est très empreinte de dogmatisme, c'est un vieux reste du passé ; son personnel enseignant, quoique très distingué, n'est guère préparé ni par ses études, ni par ses aspirations, à la tâche qu'il doit remplir. La compétence d'un professeur de travail manuel ne se mesure pas au nombre de ses parchemins. Une organisation aussi vaste

que l'Université se ploie mal aux variétés de conditions locales; ce qui peut se faire pour l'enseignement supérieur, comme dans les Facultés qui ont acquis une autonomie depuis quelques années, ne s'est guère fait dans les autres échelons de l'enseignement.

Toute modification dans les méthodes rencontre une résistance opiniâtre; il n'y a qu'à rappeler le temps qu'il a fallu à M. Leblanc pour introduire l'enseignement scientifique avec expériences, dans les Écoles primaires, et la peine que les méthodes expérimentales de notre ami, M. Chassagny, ont eue à être adoptées dans l'enseignement secondaire.

L'enseignement professionnel peut commencer dès l'école primaire, plutôt comme récréation qu'autre chose; une sélection pourra s'opérer dès ce moment, on pourra se rendre compte si l'enfant est susceptible de recevoir un enseignement plus complet.

Tel ouvrier ne sera jamais qu'un manœuvre; le véritable ouvrier digne de ce nom ne devra pas être un simple rouage. « Il devra dominer son œuvre et non être dominé par elle », a dit M. Millerand.

C'est une dangereuse utopie de croire qu'il est possible de donner à tous un enseignement professionnel de même valeur; on devra assurer à tous ceux qui voudront ledit enseignement, mais, aux démagogues épris d'une égalité outrancière, nous répondrons par les mêmes paroles que prononçait M. Gabriel Séailles au sujet de l'enseignement secondaire :

« La gratuité de l'enseignement secondaire et la multiplicité des bourses sont des mesures coûteuses et vaines qui ne servent qu'à dissimuler, par une fiction mensongère, l'inégalité réelle dont elle n'a fait que modifier les effets et les formes. J'ajoute maintenant qu'ainsi entendue l'égalité des enfants devant l'instruction constituerait pour le prolétariat considéré dans son ensemble, comme collectivité, comme classe, une menace et le pire danger.

» Cette sélection imbécile, cette sélection à rebours, qui travaille à produire à grands frais des individus, *des adaptés*, se fait aux dépens de la classe laborieuse, à laquelle elle enlève ses éléments les meilleurs, pour en faire des sujets d'expérience. »

Le nombre d'enfants qui reçoit un enseignement professionnel est d'environ 50 000; or, l'on estime qu'il faudrait que ce nombre soit d'au moins 500 000; c'est donc à peine le dixième du néces-

saire et, d'après M. Cohendy, c'est seulement 3 0/0 des jeunes gens employés dans le commerce et l'industrie.

La proportion n'est pas plus forte malheureusement à Paris; on compte 300 à 400 élèves entrant chaque année dans les écoles professionnelles, 1 000 dans les écoles primaires supérieures, 200 à 300 dans les cours complémentaires, soit 1 500 à 1 700 sur 15 000 à 16 000 enfants sortant chaque année des écoles primaires.

Si l'on compare cet état de chose avec ce qui se passe dans le royaume de Saxe, où l'obligation de l'enseignement professionnel existe, on trouve, pour une population totale de 5 millions d'habitants, 2 000 écoles de perfectionnement avec 80 000 élèves et 150 écoles professionnelles.

En France, l'enseignement professionnel public se répartit de la façon suivante :

1° Écoles primaires supérieures, agricoles, industrielles, commerciales (en réalité ces écoles ne sont pas professionnelles, mais elles comprennent des sections spéciales), dépendant du Ministère de l'Instruction publique;

2° Écoles pratiques d'agriculture dépendant de ce dernier Ministère;

3° Écoles pratiques d'industrie et de commerce dépendant de ce dernier Ministère;

4° Écoles des pêches maritimes et de navigation dépendant des Ministères de l'Instruction publique et de la Marine.

Enfin, l'Instruction publique possède environ 800 cours complémentaires de garçons.

La qualité de l'instruction donnée dans ces écoles est variable et parfois discutable

Voici en quels termes s'exprimait la haute personnalité qu'est M. Méline, il y a quelques années, au sujet des Écoles pratiques d'agriculture :

« Sans parler de l'Institut agronomique, il y a, en France, 82 écoles d'agriculture pratiques, coûtant 4 millions de francs, comprenant 651 professeurs pour 2 850 élèves, soit en moyenne 4 élèves pour un professeur, le coût de chaque élève étant de 1 400 f ».

M. Méline ajoutait plus loin :

« Dans beaucoup d'établissements, il n'y a guère que des

boursiers, et, sans eux, il faudrait presque fermer l'école. Ces élèves ne sont bons à rien; ils demandent tous des places à l'État; il y a environ 500 demandes pour 25 places. » En réalité, c'est la qualité et la quantité des élèves qui font plutôt défaut que la qualité de l'enseignement lui-même.

C'est, du reste, exactement ce qui se passe pour les écoles primaires supérieures; M. René Leblanc, dans son ouvrage *l'Enseignement professionnel au début du XXe siècle*, montre que la population totale de ces élèves, au 1er janvier 1905, s'élevait à 43 293 élèves, dont à peine 6 054, soit 14,28 0/0 seulement, appartenaient aux sections professionnelles.

Dans son nouvel ouvrage *La Réforme des Écoles primaires supérieures*, il montre qu'au 1er janvier 1907 la proportion n'est plus que de 12,98 0/0, il n'y a plus que 6000 élèves pour 46 193 de population totale.

Le mal augmente, comme on le voit. M. Leblanc dit bien que 60 0/0 des anciens élèves entrent dans le commerce et l'industrie, mais, comme le fait très justement observer M. Modeste-Leroy, député, auquel nous empruntons les chiffres relevés précédemment, cela prouve que 45 0/0 de ces anciens élèves ne sont venus au commerce et à l'industrie que contraints et forcés, résignés à ne pas avoir la place de l'État qu'ils ambitionnent.

Si nous examinons succinctement les véritables écoles professionnelles, en écartant celles formant des contremaîtres comme Armentières, Mantes, Voiron, Vierzon, celles des mineurs d'Alais ou de Douai, les écoles d'horlogerie de Cluses et de Besançon, nous arrivons aux écoles spéciales de la ville de Paris : Boulle, Diderot, Germain Pilon, Bernard Palissy, Estienne, Dorian.

Voici l'opinion des Conseils des industries intéressés; nous empruntons ces passages, comme bien d'autres, à la très intéressante brochure de notre collègue M. de Ribes-Christophe, contenant le rapport qu'il a présenté en 1905 à la Fédération des Industriels et Commerçants français, sur l'*Apprentissage et l'Enseignement professionnel en France*.

Voici ce que le Conseil de l'ameublement dit de l'école Boulle :

« D'une part, on peut dire que les élèves de cette école ont l'avantage d'avoir une instruction technique étendue, mais, au point de vue manuel, ils sont moins habiles que les apprentis formés à l'atelier. Ils produisent moins et travaillent moins vite; il en est cependant qui deviennent des ouvriers supérieurs et ont les qualités voulues pour former de bons contremaîtres.

Mais, en règle générale, ils présentent une infériorité manifeste, si on les compare aux ouvriers d'ateliers suivant des cours professionnels ; à ces derniers, rompus au travail manuel, il ne manque que la théorie et la vue d'ensemble que leur donneront ces cours professionnels. »

L'École Diderot a pour objet principal les instruments d'optique et de précision et l'électricité.

Le Conseil de la fonderie et du moulage des métaux se montre sévère et va jusqu'à dire à propos de cette école :

« En comparaison des sommes énormes que coûtent les écoles professionnelles sédentaires, elles n'ont produit aucun résultat appréciable. Elles ne forment que des ouvriers prétentieux, et ne rendent aucun service à l'art industriel. »

Le Conseil des instruments de précision tient à peu près le même langage :

« Ces écoles, dit-il, sont complètement à remanier ; les élèves qui en sortent ne connaissent rien à la pratique de leur métier ; il leur faut le courage de recommencer un nouvel apprentissage à l'atelier, mais, ce courage étant difficile, la plupart se lassent et deviennent des ratés. »

Pour les écoles de filles, il en est de même. Le Conseil de la lingerie déclare qu'après quatre ans, passés à l'école de la rue de Poitou, une fille est incapable de gagner 0,50 f par jour.

En résumé, et sans nous attarder sur les écoles professionnelles municipales ou autres de province, on peut dire que partout le résultat est le même ; l'enfant qui sort de ces écoles a beaucoup de prétention, il est peu discipliné, écoute mal les conseils de ses aînés ; à l'école, le facteur privé de revient ne compte pas, ou s'en préoccupe peu ou pas ; il n'est pas étonnant qu'à l'atelier une méconnaissance des règles de l'économie apporte plus de mal.

Une réforme des méthodes s'impose, il n'est pas étonnant qu'il faille beaucoup de tâtonnements avant d'arriver à un bon résultat ; nous avons confiance dans l'avenir des écoles professionnelles, lorsqu'elles auront compris qu'elles sont destinées à produire des ouvriers pour l'industrie, et non pour les services de l'État.

Examinons maintenant la part prise par l'initiative privée dans l'enseignement professionnel.

Pour que le résultat de l'initiative privée soit bon, il faut qu'il y ait assez de concordance dans les œuvres ; cela n'existe pas toujours, malheureusement.

Le cours ne doit être que l'annexe de l'atelier, c'est là seulement que peut se faire le véritable apprentissage.

Il y a 122 associations polytechniques, philotechniques, philomatiques, etc., qui sont encouragées par le Ministère du Commerce, elles ont 3 593 cours. Combien parmi ceux-ci ne sont pas professionnels! Il y a des cours de danse, de violon, de clarinette; ces derniers ne peuvent être professionnels que pour les aveugles; il y a à ces cours 80000 inscriptions.

56 syndicats patronaux font 130 cours recevant environ 3 000 élèves.

40 syndicats ouvriers font 500 cours avec 12000 élèves. En résumé, pour 4223 cours, il y a 95 000 auditeurs inscrits, soit à peine 18 0/0 du nombre nécessaire.

La fréquentation laisse beaucoup à désirer; voici, en quels termes s'exprime M. Couriot, ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils, Inspecteur de l'enseignement technique, dans son rapport au Congrès de l'Exposition de 1900 :

« Les auditeurs des cours sont nombreux au début, animés des meilleures intentions, ils encombrent littéralement les salles et les amphithéâtres à la première leçon. Malheureusement, leur assiduité se relâche vite, leurs bonnes résolutions ne durent pas, et dès les premières leçons le professeur constate une décroissance croissante du nombre des auditeurs.

» Insensiblement le maître voit diminuer le nombre de ses élèves, et cette décroissance est telle que, dans certains cas, il est conduit à réduire lui-même le nombre de ses leçons, s'il ne veut pas que le cours prenne fin prématurément faute d'auditeurs pour l'entendre. »

L'organisation d'écoles professionnelles spéciales privées, comme celle des établissements Schneider, des Compagnies de chemins de fer, celle de la maison Christophe ne peut se généraliser.

M. de Ribes-Christophe constate lui-même que, à peine 3 ou 4 jeunes gens restent dans les ateliers de la maison sur les 24 qui sortent chaque année de l'école.

Remèdes à la crise de l'apprentissage.

Ici, comme en médecine, il est plus facile de déterminer les causes de la crise que d'en trouver les remèdes. Tout d'abord, pour ce qui est des causes morales et économiques, il ne faut attendre quelque chose que de la modification des mœurs publiques ; la solution parait malheureusement lointaine.

Le Conseil supérieur du travail émet les vœux suivants :

« Qu'une instruction professionnelle, en rapport avec l'état choisi et exercé, doit être donnée à l'enfant âgé de moins de dix-huit ans, qui n'a pas de contrat d'apprentissage, de façon qu'il ne soit pas condamné à rester manœuvre.

» Cette instruction peut être donnée à l'atelier. A son défaut, elle sera donnée dans des cours et écoles professionnelles.

» Le degré d'instruction sera constaté par un certificat. Le certificat affranchira le patron et l'enfant de moins de dix-huit ans des obligations de la loi. »

Nous faisons nos réserves sur la question d'obligation que nous examinerons par la suite, mais nous sommes pleinement d'accord avec le Conseil supérieur sur le reste de ses vœux.

Le Congrès de la Ligue de l'Enseignement, tenu à Amiens, le 30 septembre 1904, a émis les vœux suivants, sur la demande de MM. Baudrillard et Rocheron :

» 1° Que l'instruction des jeunes ouvriers soit obligatoire ;

» 2° Que l'enseignement professionnel soit pratique et de caractère utilitaire, adapté au milieu et aux diverses professions ;

» 3° Que cette obligation comporte au moins trois semestres répartis en trois années dans la période de douze à dix-huit ans ;

» 4° Que cet enseignement soit donné dans la journée, sans qu'il en résulte pour l'apprenti une diminution de salaire ou une prolongation, soit de la journée, soit de l'apprentissage. »

Comme dans le vœu du Conseil supérieur du travail nous trouvons l'obligation à l'article 1er ; cette inspiration de l'étranger ne nous parait guère heureuse ; la mentalité française n'est pas la même que celle de l'Allemagne, l'esprit est peu discipliné, se plie mal aux tracasseries, règlements et mesures coercitives ;

on voit la manière incomplète dont l'obligation scolaire est respectée ; personne n'obéira à la loi.

Puis, quelle nécessité y a-t-il de donner une instruction professionnelle à tous ceux qui, très nombreux, devront être manœuvres ? Dans les vœux du Conseil supérieur du travail il y a cette phrase : « de façon qu'il ne soit pas condamné à rester manœuvre ». Qu'est-ce à dire, si ce n'est qu'être manœuvre semble une pénalité, une *diminutio capitis*. Il y a besoin de beaucoup de manœuvres, qui sont plus nombreux que les ouvriers d'élite. Comment dès lors assurer leur recrutement? Quelle cruelle désillusion pour ces trop nombreux jeunes gens ayant reçu une instruction choisie et soumis à un chômage prolongé dans des métiers encombrés ! La crise de l'apprentissage changerait de forme, elle serait sous cet aspect peut-être encore plus dangereuse ; la bande de déclassés désabusés par des prouesses fallacieuses voudrait un travail que l'industrie ne pourrait lui donner.

Comment, de plus, assurer l'obligation ? Pour les grandes communes, la chose est faisable, mais dans les 30 000 petites communes où l'on a eu déjà tant de mal à assurer l'école primaire, où donnera-t-on cet enseignement ? Quels sont les maîtres qui seront aptes à le donner ?

Nous trouvons une impossibilité analogue à l'article 2 du vœu du Congrès de la Ligue de l'Enseignement ; nous ne voyons pas comment ou pourra créer un enseignement professionnel adapté au milieu et aux diverses professions ; ce qui est chose relativement assez facile pour des grandes villes ou pour des régions à industrie bien spécialisée comme le tissage, la chaudronnerie, la grosse métallurgie, etc., devient de la dernière impossibilité pour les quatre cinquièmes au moins du territoire français.

Nous sommes absolument partisan du certificat qui créera une émulation favorable ; nous trouvons l'institution de ce certificat dans la proposition de loi déposée par M. Henri Michel et plusieurs de ses collègues, en 1904.

Les caractéristiques principales de cette proposition sont les suivantes : ici encore nous laissons la parole à M. de Ribes-Christophe :

« 1° Liberté de faire des contrats d'apprentissage ; mais s'il y a contrat, il doit être écrit ;

» 2° Surveillance de l'apprentissage ;

» 3° Examen théorique et pratique ; certificat d'instruction professionnelle ;

» 4° Réduction et limitation du nombre des apprentis ; retrait du droit d'avoir des apprentis, pour un temps ou définitivement. »

Nous sommes absolument partisan de la disposition imposant, s'il y a contrat, qu'il soit écrit ; c'est la seule manière qu'il existe et qu'il soit respecté. Dans beaucoup d'industries, il n'y a pas besoin de contrat car, le travail s'apprenant vite, la liberté des parties doit rester entière ; pour ces industries le contrat serait une obligation pour le patron, sans compensation dans l'avenir.

Pour ce qui est de la surveillance, la proposition de loi organise une inspection soit par le Conseil des Prud'hommes, soit par de véritables délégués du travail, ouvriers ou patrons. Nous ne voyons pas bien le rôle d'un tribunal comme les Prud'hommes dans une inspection d'ordre policière. Quant à admettre dans l'atelier l'entrée de patrons ou d'ouvriers d'une industrie concurrente nous ne croyons pas que cela soit admissible ; une réglementation de ce genre empêcherait encore plus, s'il est possible, l'apprentissage.

Comme l'a dit M. Georges Picot, en juin 1902 : » Dans une matière aussi délicate que celle de l'apprentissage, il faut absolument éviter toute réglementation excessive et toute contrainte qui ne peuvent amener qu'un résultat : le renvoi des enfants des ateliers. »

Nous sommes partisan de l'examen théorique et pratique, et du certificat d'instruction professionnelle devant un jury composé mi-partie d'ouvriers, mi-partie de patrons ; et ici nous croyons que l'État, les départements et les communes pourraient intervenir utilement en primant et récompensant les meilleurs sujets et les patrons qui auront rempli le devoir social de faire des apprentis.

Pour ce qui est du droit de réduire et de limiter le nombre des apprentis, de retirer le droit d'en avoir, outre qu'il nous paraît difficile au Conseil des Prud'hommes d'intervenir en pareille matière, nous ne voyons pas comment ce droit pourrait être appliqué ; on ne peut frapper l'industriel qui, sans faire de contrat, peut avoir besoin d'un grand nombre de petites mains ; on pourrait donc seulement atteindre les patrons faisant des contrats : cela serait une manière habile de les récompenser de leurs bonnes intentions.

En modifiant convenablement la loi de 1851, en supprimant l'article 2 de la loi du 30 mars 1900, en organisant enfin partout où cela sera possible des cours de demi-temps que les apprentis fréquenteront de 4 heures et demie à 6 heures et demie par exemple, on arrivera à rétablir peu à peu l'apprentissage.

Déjà beaucoup d'industriels se rendent compte de l'intérêt qu'ils ont à faire faire cette fréquentation ; les ouvriers ont un intérêt analogue ; le capital et la main-d'œuvre se rencontrent sans contestation possible sur un terrain où l'entente est facile ; souhaitons que les ateliers renferment beaucoup d'apprentis, allant aux cours complémentaires à la fin de leur journée de travail, que l'État reste dans son rôle de protection et d'encouragement et qu'il laisse faire les hommes. Un ministre qui réglementa pourtant toute sa vie commerce et industrie, Colbert, écrivait en 1669, cet aveu plein de franchise :

« Il faut laisser faire les hommes, qui s'appliquent sans peine à ce qui convient le mieux ; c'est ce qui apporte le plus d'avantage. »

Il écrivait ceci deux ans avant la diminution de son influence ; cela peut passer pour un testament politique. Souhaitons que les successeurs de Colbert s'inspirent de ces paroles, car alors, comme le dit Virgile : « Tes arrière-neveux cueilleront tes fruits », *Carpent tua poma nepotes* ».

LES RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS
DES
DRAGAGES AURIFÈRES
DANS LE MONDE
ET
PARTICULIÈREMENT DANS LES GUYANES

PAR

M. L. DELVAUX

I

Origines et évolution du dragage. — Généralités.

Historique.

Peu d'industries ont eu une fortune aussi rapide que le dragage des alluvions aurifères; limité, il y a une vingtaine d'années, à quelques essais informes, c'est aujourd'hui une industrie prospère et qui contribue chaque année pour une part plus importante à la production d'or du monde.

Jusqu'aux dernières années du XIXe siècle, l'exploitation des alluvions aurifères était de toutes les formes de l'industrie minière celle qui avait le moins changé. Alors que l'extraction du charbon, du fer, du cuivre et, plus récemment, de l'or filonien évoluait, depuis nombre d'années, vers le machinisme de plus en plus intensif, l'exploitation des alluvions aurifères, si l'on en excepte l'abatage hydraulique, méthode gigantesque, mais assez rarement applicable, était restée une industrie individuelle et rudimentaire.

Les premiers essais de dragage remontent à 1864. C'est à la Nouvelle-Zélande que revient sans conteste l'honneur d'avoir créé et mis au point cette industrie. Après des essais successifs

et tous infructueux, d'abord avec les dragues à godet unique (spoon dredge), puis avec les dragues à godets multiples mues par roue pendante (1880), ensuite avec les dragues suceuses (1886), enfin, avec une drague commandée par une turbine (Charles Mac Queen, 1890), on construisit des dragues à vapeur et, dès lors, les progrès furent rapides. Les bons résultats obtenus provoquèrent, en 1896, un véritable « boom », dont la conséquence fut l'installation de nombreuses dragues mal étudiées ou hâtivement construites sur des terrains insuffisamment prospectés. Fort heureusement ces échecs isolés ne compromirent pas le succès de l'industrie nouvelle et on comptait, à la fin de 1899, en Nouvelle-Zélande, 196 dragues, soit en marche. soit en construction.

Aux États-Unis, une drague avait été expérimentée à Oroville entre 1850 et 1860; cet essai n'avait eu aucune suite. Mais, lorsque les résultats heureux obtenus en Nouvelle-Zélande attirèrent l'attention sur cette nouvelle industrie, les mineurs des États-Unis comprirent bien vite tout le profit qu'ils pouvaient en tirer. Dès 1894, une drague à godets était en bonne marche à Grasshopper Creek, dans le Montana. En 1898, la première drague était installée à Oroville (Californie) sur les plans d'un Ingénieur néo-zélandais, M. Poslethwaite. Oroville est actuellement le principal champ de dragage des États-Unis; une trentaine de dragues, la plupart très puissantes, y fonctionnent. De là le dragage se répandit en d'autres localités de Californie, à Folsom, sur le Yuba, etc.; puis à d'autres États : Orégon, Colorado, Montana, etc.

Les excellents résultats du dragage en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis provoquèrent l'extension de la méthode dans nombre d'autres pays : Sibérie, Côte d'Or anglaise, Birmanie, Malacca, Colombie britannique, Serbie, Guyanes, Terre de Feu, etc. Je reviendrai en détail dans un chapitre ultérieur sur ces applications.

Divers types de Dragues.

Il en a été du dragage comme de la plupart des industries naissantes; l'ingéniosité des inventeurs s'y est exercée, souvent avec plus de fantaisie que de bonheur.

Il n'y a aucun intérêt à décrire en détail les premiers types

abandonnés et même oubliés aujourd'hui. A mesure que les tentatives de dragage se poursuivaient avec méthode, les divers types de dragues évoluaient vers un modèle uniforme dans ses dispositions principales. A part de rares exceptions, les dragues modernes sont toutes du type à godets et présentent dans leur ensemble des dispositions communes : forme de la coque, position et commande de la chaîne à godets, emplacement des appareils de lavage, etc. En même temps les dragues se sont compliquées pour répondre de façon plus exacte aux exigences de l'exploitation et les dispositifs de détail adoptés sur les divers instruments offrent entre eux des différences considérables, justifiées par les variations des conditions de travail d'un pays à l'autre. En étudiant dans un chapitre ultérieur la drague à godets dans ses détails, je passerai en revue ces diverses particularités.

Avant de restreindre cette étude à la drague à godets qui est de beaucoup la plus employée, je dois cependant dire quelques mots de divers autres instruments qui, bien que peu répandus, ne sont pas entièrement abandonnés.

La drague à benne ou à cuiller (spoon, dipper ou steam-shovel dredge), consomme comparativement peu de force (40 chx pour une capacité de 500 m³ par jour) et dispose d'une grande puissance de pénétration. Son inconvénient principal est de délivrer le gravier par intermittences à l'appareil laveur; il en résulte des obstructions momentanées qui ne sont pas favorables à une bonne récupération. Elle n'a pas non plus la précision de la drague à godets dans l'excavation.

La drague à griffes (scramb dredge ou grab dredge) présente les mêmes inconvénients; de plus, elle ne se prête guère à une exploitation méthodique, les emprises successives des griffes laissant nécessairement entre elles des zones perdues. Un de ses avantages est, en dehors de son bas prix d'achat, de pouvoir travailler sans aucune modification à des profondeurs très variables; pour cela elle peut rendre des services pour la prospection en rivière.

La drague à « jet noyé », inventée par J. T. Johnson, a été essayée en Nouvelle-Zélande. Elle consiste en un « monitor » et un élévateur hydraulique, montés à l'extrémité inférieure d'une élinde portée par un ponton. L'eau sous pression, provenant de quelque barrage établi dans les collines voisines est amenée au ponton par des tuyaux articulés portés par des flotteurs. Cet

appareil original a, assure-t-on, donné des résultats pratiques; dans tous les cas, il me semble qu'il exige des conditions très spéciales, tant pour l'adduction de l'eau sous pression qu'en ce qui concerne la nature de l'alluvion. Son emploi ne peut être que très restreint.

Les dragues suceuses, qui ont fait leurs preuves dans les travaux de ports sous certaines conditions, ont été fréquemment essayées pour l'exploitation des alluvions aurifères et des sommes considérables ont été dépensées dans ce sens, en Amérique et surtout en Nouvelle-Zélande. Les résultats ont toujours été désastreux. Les inconvénients de la drague suceuse pour ce genre de travail sont nombreux; le principal, et il suffirait à lui seul à expliquer l'échec, est son inaptitude à élever l'or gros. Les inventeurs ont, il est vrai, fait des essais et démontré qu'à la vitesse que leurs pompes permettent d'obtenir dans le tuyau d'aspiration, l'or est entraîné sans peine : mais ils ont omis de considérer qu'à l'extrémité inférieure l'aspiration a lieu suivant la forme d'un tronc de cône, et qu'à sa base, c'est-à-dire sur l'alluvion même, la section étant plus grande, la vitesse est moindre; si l'or parvenait à gagner la base du tuyau d'aspiration, il serait probablement entraîné; mais il reste sur le fond. Les autres inconvénients du système sont l'usure énorme des pompes sous l'action des graviers, les obstructions fréquentes par suite de cailloux, l'impossibilité de travailler autre chose que des alluvions très meubles, ce que l'on rencontre rarement en exploitation d'or, enfin, la quantité d'eau considérable entraînée, qui noie les tables ou les sluices et rend problématique la récupération de l'or qui aurait pu être amené jusque-là.

Les Australiens emploient fréquemment dans le Victoria et la Nouvelle-Galles du Sud un dispositif qu'ils dénomment assez improprement « drague à pompe » ou « drague centrifuge ». Le procédé consiste à abattre l'alluvion au monitor, et à la reprendre au moyen d'une pompe centrifuge pour l'envoyer au sluice. Tous les appareils sont portés sur un ponton, qui pendant le fonctionnement repose à sec dans la fosse; lorsqu'il y a lieu à avancement, on construit en arrière un barrage afin de faire flotter le ponton, que l'on peut ainsi déplacer facilement. En 1906, on comptait 82 de ces installations dans le Victoria. Ce n'est pas à proprement parler du dragage, la méthode ne s'appliquant qu'à des alluvions non noyées.

Je ne cite que pour mémoire les nombreux systèmes de caissons

submergés, cloches à plongeur, etc., que des inventeurs plus ingénieux que pratiques ont expérimentés à maintes reprises, pour aboutir chaque fois à un désastre financier.

De très nombreuses tentatives ont été faites surtout dans l'Amérique du Nord pour exploiter les alluvions aurifères au moyen d'appareils montés sur rails. Presque toutes étaient basées sur l'emploi de l'excavateur dit « steam shovel » que certains constructeurs européens désignent sous le nom de « terrassier à vapeur ». Le système est analogue à celui dont j'ai parlé plus haut pour la drague à benne. On en trouvera une description et des croquis dans le mémoire très documenté de notre collègue M. R. de Batz, inséré dans le bulletin d'avril 1899. Ces appareils, très robustes, ont une puissance d'excavation et une capacité de travail considérables. Ils n'ont eu cependant que fort peu de succès et n'ont pas répondu aux espérances que l'on fondait sur leur emploi et que notre collègue avait rapportées dans le mémoire précité. Quelques-uns néanmoins ont, paraît-il, donné des résultats satisfaisants, notamment à Atlin (Colombie britannique). On a renoncé, en général, au lavoir porté sur l'excavateur ou juxtaposé à lui, et on préfère transporter l'alluvion dans des wagonnets jusqu'à une laverie fixe, constituée par un trommel et un sluice fixe.

Le principal obstacle qui semble s'être opposé à l'extension de l'emploi des excavateurs est la difficulté de maintenir une plate-forme suffisamment résistante sur les fonds de fouille toujours humides et marécageux des placers; il en résulte un manque de stabilité très préjudiciable, aussi bien pour l'excavateur lui-même que pour les wagonnets, et l'entretien de ces voies exige beaucoup de main-d'œuvre. En fait, dans l'exploitation des minerais de fer (Minnesota) et de cuivre (Bingham Utah) où l'on se trouve en présence de terrains beaucoup plus secs, le « steam shovel » est d'un emploi général et donne des résultats remarquables.

On a également essayé d'appliquer au dragage des alluvions aurifères des appareils transporteurs à câbles multiples tels que le Lidgerwood combinés avec la benne traînante (scraper) employée au Klondike pour le relevage des alluvions entassées. Une installation de ce genre avait été faite à Alder Gulch, dans le Montana. Elle a depuis été supprimée et le terrain est exploité avec une drague à godets. Ces appareils présentent, au sujet du manque de stabilité des voies, le même inconvénient que le « steam-shovel », aggravé par l'augmentation de poids et la

hauteur des pylônes; ils exigent, en outre, pour passer d'un placer à la zone immédiatement voisine, un démontage et un remontage longs et coûteux, aussi bien pour les pylônes que pour les sluices.

Importance actuelle du Dragage.

Quelques chiffres ne seront pas inutiles pour préciser quelle est l'importance présente de cette industrie toute récente.

On comptait, à la fin de 1905, 186 dragues en marche en Nouvelle-Zélande, en 1907, 170; le dragage paraît y avoir atteint déjà son apogée et le nombre de dragues y diminue désormais quelque peu d'une année sur l'autre, par suite de l'épuisement des gisements.

En Australie, il y avait en 1906, dans le Victoria, 36 dragues à godets ; dans la Nouvelle-Galles du Sud une vingtaine (sans compter 27 dragues pour l'exploitation de l'étain) ; en Californie (1906) 49 dragues réparties entre les trois districts de Oroville, Yuba et Folsom.

J. P. Hutchins évalue à 500 environ le nombre total de dragues en marche dans le monde entier; le chiffre me semble un peu fort et d'après les renseignements que je possède, il est, je pense, plus voisin de 450.

La capacité de traitement des dragues à or a été en croissant constamment depuis l'origine et certains appareils récents ont une puissance extraordinaire : c'est ainsi qu'à Ruby (Montana) une drague munie de godets de 12 pieds cubes et demi (340 litres) passe 2 500 m³ par jour dans un terrain extrêmement dur et qu'une autre à Folsom, avec des godets de 13 pieds cubes, traite, assure-t-on, 150 000 m³ par mois.

Puisque les dragues donnent déjà des résultats très satisfaisants dans des alluvions tenant seulement 0,40 f à 0,50 f par mètre cube, il n'est pas surprenant qu'elles atteignent des rendements brillants lorsqu'elles rencontrent une « poche » ou une « bonanza ». On cite une drague de la Nouvelle-Zélande, l'Électric n° 1, à Cromweel, qui a produit en cinq jours 1 273 ozs, soit environ 38 kg (novembre 1904).

Partout où le dragage a été entrepris après une étude préalable sérieuse et dans des conditions financières normales, il a

largement rémunéré le capital. Jusqu'à 1906, les 68 Compagnies de dragages de la Nouvelle-Zélande avaient payé en tout £ 528 322 de dividendes pour un capital nominal de £ 332 490. Certaines d'entre elles ont même donné des dividendes peu communs : 240 0/0 en dix-huit mois (Enterprise) 340 0/0 en cinq ans et demi (Success), 450 0/0 en six ans (Clyde), 500 0/0 en sept ans et demi (Golden Treasure) 784 0/0 en sept ans et demi (Golden Gate) et même 928 0/0 en quatre ans et demi (Hartley and Riley). Ceci est pour le rapport du bénéfice au capital. Celui du bénéfice à l'or produit est également très élevé. Ainsi l'Alexandra Read a distribué en dividende £ 14 033 sur £ 27 355 de production ; l'Électra, £ 116 350 sur £ 160 092; la Golden Gate, £ 23 250 sur £ 50 240 ; l'Hartley and Riley £ 79 625 sur £ 106 625 ; la Star £ 9 192 sur £ 15 953, etc.

Dans le Victoria (Australie), je relève également des chiffres éloquents : Tewskesbury C°, dividende 82 0/0 en quatorze mois; Enterprise Dredging C°, bénéfice net 43,8 0/0 du capital en un an; Junction C°, bénéfice net 46,6 0/0 du capital en six mois (2 dragues), etc.

Dans son ensemble l'industrie du dragage pour or est assurément prospère. Les échecs et les déboires qui se sont produits sont surtout dus à une prospection insuffisante, à l'intervention de gens incompétents ou à des erreurs financières (sur capitalisation, insuffisance du fonds de roulement, etc.)

Avantages du Dragage.

La faveur si rapide qui a accueilli l'industrie du dragage se justifie par les avantages qu'elle présente. Ces avantages peuvent être ramenés à deux principaux : d'une part, la sécurité industrielle; d'autre part, le bas prix de revient.

Le dragage partage d'abord avec l'exploitation filonienne l'avantage considérable de la fixité de valeur de son produit. L'exemple des fluctuations considérables qui se produisent dans les cours du cuivre, du plomb, de l'étain et des autres métaux permet d'apprécier à sa juste valeur cette supériorité de l'exploitation aurifère.

Mais le dragage présente aussi au point de vue de la sécurité un avantage incontestable sur l'exploitation des filons : c'est la

possibilité de faire par avance une reconnaissance très exacte du gisement, qui est étalé et d'un abord facile : si la prospection première a été sérieusement faite, on n'a pas à redouter ces appauvrissements ou rétrécissements subits et imprévus qui frappent trop souvent une exploitation filonienne en pleine prospérité. On peut donc n'engager qu'à bon escient les immobilisations de travaux et de matériel, d'ailleurs bien moindres que dans le cas des filons.

Il va de soi que, pour profiter de cet avantage, il est indispensable de faire des prospections préalables aussi soignées et aussi exactes que possible. C'est là un point fort important, et trop souvent négligé. L'impatience d'entrer au plus tôt en période de production, jointe à un souci d'économie mal compris, ont conduit fréquemment à l'installation de dragues sur des terrains insuffisamment reconnus et le plus souvent un désastre en est résulté. Les trois quarts des échecs en dragage sont dus à cette cause. Dans un paragraphe ultérieur, j'insisterai particulièrement sur cette importante question de la prospection préalable.

Quant au prix de revient, il varie, bien entendu, dans des limites fort étendues d'un pays à l'autre, suivant les conditions locales, le prix et la qualité de la main-d'œuvre, le coût de la force motrice et la capacité des dragues. Mais on peut avancer sans hésitation qu'en dehors de l'abatage hydraulique, tel qu'il était appliqué sur une échelle gigantesque en Californie, il n'est pas au monde de procédé minier d'extraction qui permette d'atteindre un prix de revient aussi bas que le dragage. On ne dépasse guère 1 f ou 1,25 f le mètre cube (approximativement 2 t) dans les conditions les plus onéreuses et l'on est parvenu dans certains cas à abaisser ce chiffre à environ 0,15 f à 0,20 f.

Conditions nécessaires au succès du Dragage.

L'industrie du dragage s'est développée dans des conditions fort diverses et sous des latitudes très variées, mais on retrouve cependant, dans tous les cas où l'on a eu à enregistrer un succès durable, un certain nombre de caractères communs, que l'on peut considérer comme étant actuellement les conditions nécessaires pour la réussite du dragage.

En première ligne parmi ces conditions, il faut citer l'existence

d'un *bed rock* friable (1). Nombreux sont les échecs qui n'ont eu d'autre cause que la présence d'un bed rock rocheux. Il importe, en effet, que les lèvres du godet puissent pénétrer de quelques centimètres dans le bed rock, afin d'assurer l'extraction totale de l'or qui se concentre à la partie la plus basse de l'alluvion, et même, dans certains cas, pénètre quelque peu le bed rock. Si ce dernier est dur, ou bien l'on doit limiter le dragage à une assez grande distance du bas de l'alluvion, et l'on perd alors la partie la plus riche, ou bien, en draguant au voisinage du rocher, on s'expose à d'incessantes ruptures, sans pour cela récupérer tout l'or, puisque celui qui se trouve dans les dépressions du bed rock est inévitablement perdu. De nombreuses tentatives ont été faites sur des bed rocks rocheux, même sur des terrains très riches, notamment en Californie au pied des montagnes : elles ont toutes été désastreuses.

Les souches et les troncs d'arbre enterrés dans l'alluvion n'atteignent presque jamais des dimensions suffisantes pour opposer une résistance insurmontable aux dragues modernes. Néanmoins lorsqu'ils sont nombreux, ces obstacles causent des retards et par suite une diminution de production, d'où une augmentation de prix de revient, dont il y a lieu de tenir compte dans les calculs de prospection.

Les gros blocs de roches que l'on rencontre parfois dans l'alluvion et que les Américains dénomment *boulders* atteignent parfois, rarement il est vrai, des dimensions prohibitives. La présence de gros blocs en grande quantité augmente considérablement la fatigue et l'usure des dragues, provoque des ruptures et diminue beaucoup la capacité de production.

La dureté du gravier à exploiter est également un élément important à considérer. Certains graviers, très compacts et en quelque sorte « cimentés » *(cemented gravel)*, sont inattaquables à la drague. Il en est cependant peu qui soient absolument impossibles à travailler lorsque l'on prend la précaution de les désagréger avant le passage de la drague au moyen de coups de poudre de mine, comme dans certaines exploitations californiennes : c'est là, bien entendu, un surcroît de dépenses.

La présence, dans l'alluvion, d'une grande quantité d'argile est

(1) Le terme *bed rock* qui est couramment adopté pour désigner la couche ferme sur laquelle reposent le gravier et l'alluvion est trompeur, car il paraît s'entendre exclusivement de roches, alors qu'il désigne en réalité le substratum, quelle que soit sa nature : argile, lave, roches, etc.

toujours une très grosse difficulté, parfois une impossibilité : l'argile, en effet, se délaye très difficilement, et non seulement retient l'or qu'elle contenait, mais en « happe » sur les tables de récupération et l'entraine aux résidus. Tous les débourbeurs, patouillets, etc., que l'on a essayés ont échoué. Le seul appareil pratique dans ce cas est le trommel.

Le gisement à exploiter doit avoir une étendue suffisante pour assurer du travail à la drague pendant le temps prévu dans les calculs d'amortissement. D'autre part, l'épaisseur de la couche à exploiter a son importance. Une couche de moins de 3 m est bien difficilement exploitable, d'abord parce que le bassin n'aurait pas une profondeur suffisante pour que l'élinde pût s'y mouvoir à l'aise, ensuite parce que les godets travailleraient rarement à leur capacité totale. Une couche de plus de 18 à 20 m est hors de l'atteinte des dragues actuelles : il faudrait abandonner la partie inférieure qui est souvent la plus riche. Ce n'est du reste que dans ces toutes dernières années que l'on a atteint de telles profondeurs : Yuba Consolidated Goldfields, sur la rivière Yuba (Californie), 64 pieds (19,50 m) ; « Earnscleugh n° 3 », « Rising Sun » et « Electric » (Nouvelle-Zélande), 15 m. Mais on peut concevoir que l'on arrivera à reculer cette limite de profondeur si le besoin s'en fait sentir.

Toute drague doit, bien entendu, être étudiée pour la profondeur moyenne à laquelle elle doit travailler : une drague étudiée pour 10 m travaillera d'une façon défectueuse à 5 m parce que l'élinde sera trop horizontale et que le godet mordra mal l'alluvion ; elle sera incapable d'atteindre 15 m, même avec son élinde presque verticale.

Enfin, comme dernière condition « last, not least », il faut dans l'alluvion une teneur suffisante en or. La teneur minimum exploitable varie, comme je l'ai dit, dans des proportions considérables d'un pays à l'autre.

Le fait que l'absence d'une seule condition essentielle provoque un échec, quand bien même toutes les autres conditions seraient hautement favorables, suffit à souligner l'importance d'une prospection sérieuse et complète.

PRIX DE REVIENT.

Comme je l'ai dit plus haut, l'accroissement continu des dimensions et de la capacité des dragues à or a permis d'atteindre,

en certains pays, des prix de revient extraordinairement bas, qu'aucun autre mode d'exploitation minière ne peut approcher (si ce n'est l'abatage hydraulique qui mettait en jeu des forces naturelles considérables et traitait des cubes énormes). Les chiffres relatifs à ces prix de revient ne doivent cependant être acceptés que sous certaines réserves : ainsi que le fait justement remarquer Cap. C. Longridge (Gold Dredging), les chiffres des diverses exploitations sont rarement comparables entre eux et omettent fréquemment des élements importants tels qu'amortissements, taxes, etc.

Le chiffre le plus bas qui ait été cité est celui de 2 cents 1/4 par yard cube (0,15 f par mètre cube) pour la nouvelle drague à godets de 13 pieds cubes de Folsom. Mais ce chiffre est quelque peu sujet à caution, car il n'est pas le résultat précis d'une longue période. Le Bureau officiel des Mines de l'État de Californie indiquait, pour une période de douze mois et pour une drague d'Oroville, une moyenne de 6,72 cents par yard cube (0,45 f par mètre cube), couvrant toutes les dépenses, sauf l'amortissement. Ce calcul, relatif à une drague Risdon à godets de 5 pieds cubes date de 1904, et il est certain que les dragues récentes de 7, 8 ou 9 pieds cubes travaillent plus économiquement. D'autre part, il s'agit là de dragues électriques alimentées par des stations centrales hydro-électriques très puissantes, et ce prix de revient devrait être assez fortement majoré dans le cas de dragues à vapeur.

Un rapport présente le prix de revient pour des exploitations du Montana à 9 cents par yard cube, avec une drague à vapeur, et 4 1/2 avec une drague électrique. Tout en reconnaissant l'incontestable économie de cette dernière, j'estime que cette comparaison exagère l'infériorité de la première. Le chiffre de 8 cents par yard cube (0,53 f par mètre cube), amortissement compris, indiqué par J. P. Hutchins pour la nouvelle drague électrique de Ruby, me semble plus près de la vérité. Il est encore très satisfaisant si l'on tient compte de la dureté exceptionnelle du terrain.

En Nouvelle-Zélande, les prix de revient sont assez comparables aux précédents. Les dépenses totales, sauf amortissement, d'une drague dans les conditions normales, oscillent entre £ 60 et 90 par semaine ; à £ 80 par semaine, pour une production journalière de 1 000 m³, le prix de revient est de 0,33 f par mètre cube.

Dans le Victoria, la moyenne des teneurs pour les trente-six dragues a été, en 1906, de 0,48 f le mètre cube; le prix de revient exact n'est pas indiqué, mais il était évidemment inférieur à ce chiffre. Le rapport officiel indique comme exemple exceptionnel de bas prix de revient le cas de la « Vaughan Bucket Dredging C° » qui a traité pendant l'année 330 000 m³ (soit à peu près 1 000 m³ par jour), à raison de 0,27 f par mètre cube.

Ces contrées sont celles où on atteint les plus bas prix de revient. Dans les autres pays, l'infériorité de la main-d'œuvre, le coût des transports, l'élévation des frais généraux ou les difficultés du terrain imposent un accroissement de dépenses qui doit être compensé par une augmentation de teneur. En Guyane anglaise, le prix de revient qui m'a été indiqué pour une exploitation ne comportant qu'une drague est de 14 à 15 cents par yard cube (environ 1 f au mètre cube). C'est à peu près le même chiffre que dans la Côte d'or anglaise (Ouest africain). J'ai, du reste, pu au cours de mes différentes missions, constater la similitude des deux régions.

En Guyane française, la main-d'œuvre est un peu plus coûteuse; j'estime, qu'en organisation définitive, on peut arriver à environ 1 f ou 1,25 f le mètre cube, s'il y a un nombre suffisant de dragues pour assurer la répartition normale des frais généraux.

C'est à peu près la moyenne de prix de revient que l'on peut également assigner, à mon avis, pour la plupart des régions de l'Amérique du Sud qui n'ont pas à compter avec des transports par trop difficiles.

Certaines difficultés locales accroissent parfois le prix de revient dans des proportions considérables; c'est ainsi que dans une région de l'Alaska où l'on devait dégeler les alluvions par des injections de vapeur avant de les attaquer à la drague, le prix de revient est monté à 80 cents au yard cube, soit 5,35 f au mètre cube.

Prospection.

Les méthodes de prospection couramment usitées peuvent se classer en deux groupes : les puits et les sondages.

La prospection par puits (circulaires ou rectangulaires) est certainement la plus exacte. Ses inconvénients sont d'être fort

coûteuse, surtout quand on dépasse une profondeur de 4 m, et d'être difficilement applicable dans des terrains peu consistants. Elle devient même absolument impraticable dans les terrains aquifères qui sont fréquents dans les champs de dragage.

Dans les terrains peu consistants ou humides, nous appliquons un perfectionnement de cette méthode. C'est un système de boisage que l'on installe dès qu'on arrive au niveau hydrostatique. Le coffrage est constitué par des planches juxtaposées verticalement et maintenues par deux cadres en bois, l'un en haut, l'autre en bas. On creuse successivement sous toutes les planches et on les fait descendre l'une après l'autre à coup de masse. Pendant l'opération, on épuise l'eau au moyen d'une pompe à balancier manœuvrée par quatre hommes. Par ce procédé, nous faisons deux à trois trous par semaine avec une équipe de huit hommes.

Une précaution très importante pour tous les trous de prospection est de laver au « long tom » la totalité de l'alluvion extraite pour déterminer la teneur, et de ne pas se contenter, comme les Guyanais notamment le font généralement, de prélever une « batée » dans le gravier riche et d'en déduire au jugé la teneur moyenne.

Pour qu'un trou de prospection ait son utilité, il faut qu'il soit poussé jusqu'au « bed-rock », car c'est dans la partie inférieure que sont les meilleures teneurs. Si, par suite d'une venue d'eau excessive, et surtout par suite de la rencontre de sables fluants, on ne peut nettoyer le fond du trou, il faut l'abandonner et en refaire un autre plus loin.

Lorsque les puits de prospection sont impossibles ou trop coûteux à pratiquer, il faut recourir aux sondages.

Je ne cite que pour mémoire le sondage rudimentaire entrepris avec des cuillers et un tourne à gauche. Ce procédé très simple donne des indications *qualitatives* utiles, c'est-à-dire décèle la présence de l'or, indique si l'alluvion est facile à laver, etc. Mais cette opération ne pourra jamais constituer qu'un début de reconnaissance : d'une part, toute détermination rigoureuse de teneur est à peu près impossible; d'autre part, il est bien rare que l'on ne rencontre pas à une certaine profondeur des graviers que la cuiller ne peut entamer.

On peut alors avoir recours aux trépans à déclic, manœuvrés au moyen d'une petite chèvre. Là encore, des renseignements quantitatifs précis sont bien rarement obtenus, parce que les chocs du trépan provoquent les éboulements et rendent à peu

près illusoire le cubage du trou. Il faudrait employer le sondage tubé.

Parmi les instruments facilement transportables et manœuvrés à bras, le meilleur, à mon avis, est l'appareil hollandais, que j'ai introduit en Guyane française et qui fonctionne également avec succès en Guyane anglaise. L'appareil a été imaginé et appliqué par les Hollandais pour des prospections pour étain dans les îles de la Sonde (*Pl. 154, fig. 9*).

L'appareil se compose essentiellement d'un tube de 15 cm de diamètre et de longueur variable (en sections de 1 m), portant à sa base un sabot (trousse) et à son sommet une plate-forme sur laquelle se tiennent trois ou quatre hommes. Trois autres hommes debout sur le sol font constamment tourner la plate-forme et le tube qui lui est fixé. Les hommes debout sur la plate-forme manœuvrent les outils de sondage : cuillers, pompe à sable, trépan, etc., afin de permettre l'enfoncemeut du tube. Chaque fois qu'on a gagné 1 m d'enfoncement, on enlève la plate-forme et on ajoute un élément de tube sur lequel on repose la plate-forme. Cette méthode permet sans peine de faire avec huit hommes deux trous à 6 m de profondeur par jour. L'appareil est facile à transporter et très rapidement monté; sa manœuvre est fort simple. Bien entendu, il fonctionne quelle que soit l'humidité du terrain; on peut même, avec un radeau ou deux bachots, opérer en rivière.

L'emploi de cet appareil me permet de réduire dans une grande mesure le nombre des puits de prospection, toujours coûteux, longs et difficiles, en les limitant à un quadrillage très lâche du terrain à titre de vérification indiscutable. Toutes les valeurs intermédiaires sont prises par sondages. On opère ainsi trois fois plus vite avec une dépense trois fois moindre, et les résultats sont pratiquement équivalents.

En Californie, où la proximité des usines et l'existence de moyens de transport modernes permettaient l'emploi de matériel relativement lourd, on a, bien entendu, eu recours aux machines pour la prospection. Aussi bien les appareils à main auraient-ils été insuffisants pour des alluvions présentant 15 m et plus d'épaisseur. Les puits de prospection eussent été, dans la majorité des cas, non seulement trop coûteux, mais irréalisables en raison des grosses venues d'eau.

L'appareil le plus employé en Californie pour la prospection,

et qui est d'ailleurs le type de tous les appareils similaires, est le « Keystone driller ».

Cet appareil, porté sur quatre roues, consiste en un trépan manœuvré, au moyen d'un câble, par une machine à vapeur, par l'intermédiaire d'un balancier. Toutes les fois que l'on a gagné 2 à 5 pieds suivant la nature du terrain, on arrête le trépan que l'on relève et on le remplace par une « pompe à sable » pour retirer la matière broyée et nettoyer le trou.

L'appareil peut être, si on le désire, rendu automoteur par un dispositif analogue à celui des locomotives routières. Son poids varie, suivant le type, de 3 tonnes et demie à 6 t. Il permet d'atteindre des profondeurs bien supérieures à celles que l'on rencontre dans la prospection pour dragages.

Le « Keystone » est également employé fréquemment en Californie pour pratiquer, dans les alluvions cimentées préalablement au dragage, des trous de mine, afin de les désagréger *(blasting)*.

Les résultats obtenus lors de la prospection doivent être très soigneusement consignés au carnet de prospection, afin de permettre l'établissement d'un plan précis et de profils. Ces résultats, en effet, ne servent pas seulement à déterminer si le terrain est ou non exploitable; ils servent encore, si l'exploitation a lieu, à la diriger de façon à assurer à l'entreprise des rendements aussi réguliers que possible et à éviter des à-coups toujours nuisibles au crédit d'une affaire. On doit avoir soin de noter, outre la teneur globale en chaque point, l'épaisseur de la couche payante et du stérile et la nature du *bed rok* et de l'alluvion. On peut ensuite, si on le désire, rendre évidente la répartition de teneur sur le placer au moyen d'une méthode graphique ingénieuse (courbes isofrancs) décrite par notre collègue, M. Levat, dans son intéressant ouvrage *l'Industrie aurifère*.

Il est impossible d'indiquer *a priori*, même approximativement, quel doit être l'espacement des trous de prospection ou des sondages entre eux. Cet espacement varie entre des limites fort étendues, suivant le tempérament de l'alluvion. Les points d'attaque doivent être d'autant plus rapprochés que le terrain est plus riche, l'or plus gros et l'épaisseur de couche payante plus irrégulière. Le mieux est de commencer par des lignes très espacées (de 200 à 500 m, par exemple) et de resserrer d'autant plus la prospection que les zones rencontrées sont plus riches. Il

ne faut pas perdre de vue que plus un gisement est riche, plus en général son allure est irrégulière et son étendue restreinte. Il faut donc, dans ce cas, accorder à la prospection une importance toute spéciale. L'augmentation de teneur compense, du reste, amplement le surcroît des dépenses préliminaires.

II.

Étude détaillée de la drague à godets.

J'ai dit précédemment que la drague à godets était désormais le type presque universellement adopté. Je me propose d'en examiner avec quelques détails les divers organes, afin de mettre en évidence les transformations que le type général a subies dans chaque cas particulier.

Coque.

En Californie et en Nouvelle-Zélande, les coques sont construites sur place en bois.

Dans les pays tropicaux, où l'on a à redouter l'influence pernicieuse des insectes et du climat sur le bois et, en général, dans tous les pays où la main-d'œuvre est peu expérimentée, on adopte les coques métalliques qui sont assemblées et repérées à l'usine et dont le montage sur place ne nécessite plus qu'un travail de rivetage facile.

Quelle que soit la matière première employée, les coques sont divisées en un certain nombre de compartiments étanches, afin d'éviter le naufrage de la drague en cas d'avarie. L'épuisement de ces compartiments est prévu au moyen de pompes ou d'éjecteurs.

Transport et Montage.

La tendance constante depuis le début du dragage pour or a été sans cesse d'accroître la puissance et la solidité de la chaîne à godets et ceci, bien entendu, a entraîné des augmentations

correspondantes dans les autres parties de la drague. Aussi le transport des éléments de la drague devient-il un des problèmes les plus difficiles à résoudre dans les pays neufs, qui n'offrent que des moyens de communications rudimentaires. Pour les transports par chariots sur de très mauvais chemins (Bolivie, etc.) ou par pirogues (Guyane) on ne peut guère dépasser 800 à 900 kg par colis. Cette limite tombe à 150 kg environ pour les transports par mules ou lamas (Pérou, Bolivie, etc.), et même ce chiffre de 150 kg ne peut être atteint qu'exceptionnellement pour quelques colis si l'on doit avoir recours à des porteurs (drague de Dominassie, dans l'Ashanti).

L'industrie peut fournir maintenant des dragues sectionnées ramenées à des poids unitaires aussi petits qu'il est nécessaire. Bien entendu, le prix de revient augmente alors considérablement, tant du fait de l'achat que de celui du montage et la solidité générale n'est plus aussi certaine. Il y a donc toujours intérêt à adopter une limite aussi élevée que les circonstances le permettent : mieux vaut avoir quelques difficultés de plus lors du transport que des complications lors du montage et surtout des avaries après la mise en route.

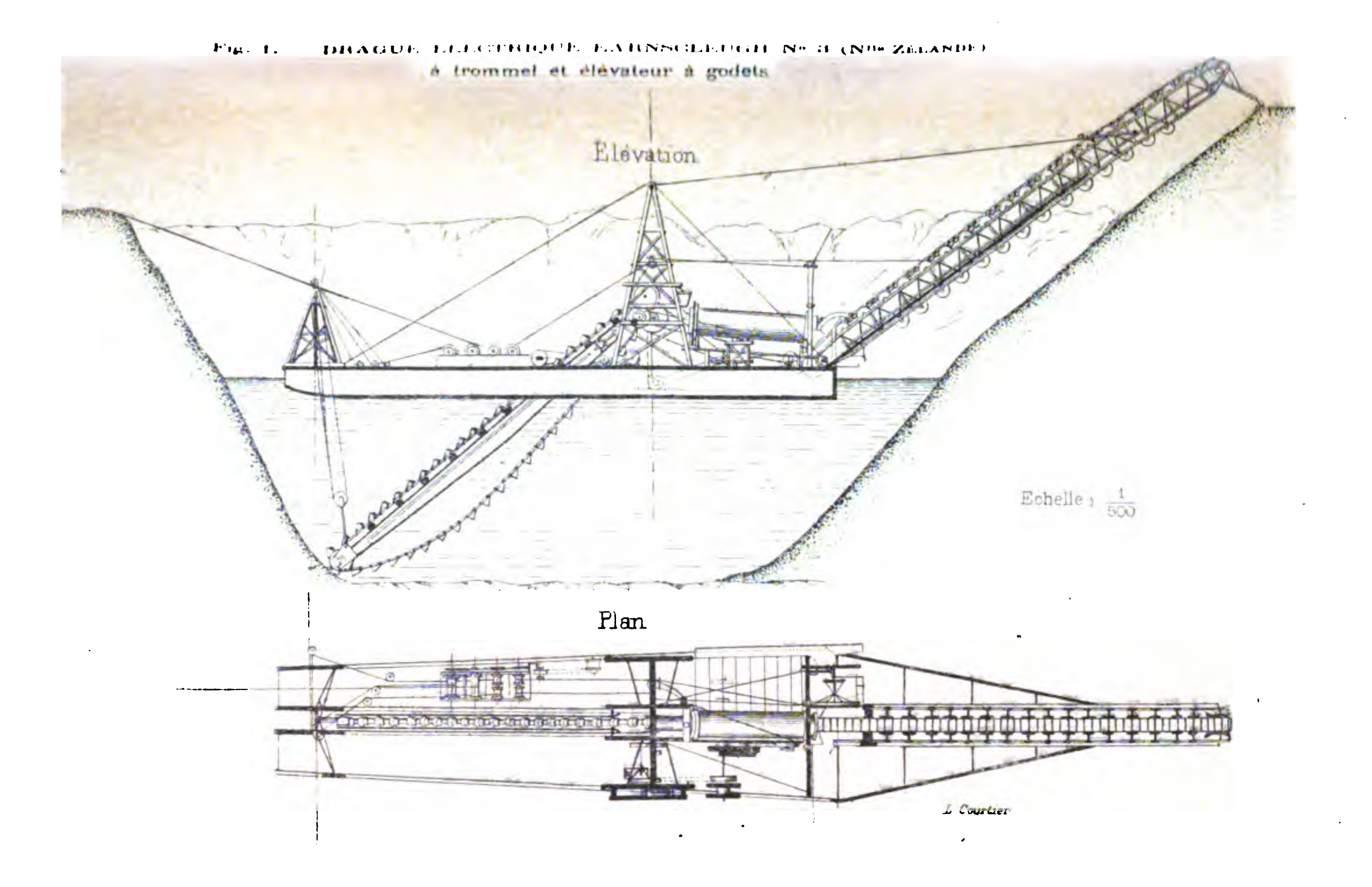
La mise à l'eau de la coque se fait par flottage ou par lancement. Dans le premier cas, la coque est construite dans une excavation qui est ensuite remplie d'eau par une dérivation ou par pompage. Dans le deuxième cas, la coque montée sur la berge est lancée par le côté (et non en bout comme les navires). La première méthode, plus sûre avec des gens inexpérimentés, est plus coûteuse. La mise à l'eau par flottage se fait parfois avec toute la superstructure et la machinerie en place (drague n° 2 de Ruby, Montana).

Appareil dragueur.

Chaine à godets.

Deux types de chaines sont employés : le type à connexion continue, dans lequel la chaine se compose exclusivement de godets, la partie inférieure de l'un se rattachant immédiatement à la partie supérieure du suivant (type que les Anglais dénomment *close connected*), et le type à connexion alternée (*Open connected*), composé alternativement de maillons et de godets.

Fig. 1. DRAGUE ÉLECTRIQUE EARNSCLEUGH N° 3 (N^lle ZÉLANDE)
à trommel et élévateur à godets



Aux États-Unis, les deux types ont leurs partisans; mais la connexion continue paraît de plus en plus en faveur. Des deux principaux constructeurs de dragues, les « Risdon Iron Works », de San-Francisco, emploient principalement la connexion alternée et la « Bucyrus Company » la connexion continue. Les partisans du premier type font valoir que dans ce modèle les godets se remplissent mieux et qu'il permet d'éviter des arrêts ou des accidents en travaillant un terrain qui renferme des obstacles tels que boulders (grosses roches) ou troncs d'arbres, parce que ces obstacles se logent plus facilement, grâce à l'écartement plus grand des godets, et sont remontés sans avarie. Ce dernier avantage est incontestable et le type à connexion alternée est d'un usage général dans les pays tropicaux (à cause des souches) et dans les régions où les boulders sont nombreux. Les partisans de la connexion continue lui attribuent une plus grande capacité de dragage avec un prix moindre de revient et de réparation. Le premier avantage me paraît évident, car le nombre des godets est double, toutes choses égales, d'ailleurs, de celui d'une chaine à connexion alternée et il est impossible, à beaucoup près, de faire fonctionner cette dernière à une vitesse double de celle de l'autre. Les autres avantages sont beaucoup moins prouvés. Cependant, dans une expérience faite au Conrey Placer (Montana) avec une chaine comportant à la fois les deux types de connexion, on aurait, d'après l'Ingénieur J. P. Hutchins (un spécialiste en matière de dragages), constaté un avantage de 14 0/0 en faveur de la connexion continue. L'expérience n'est pas définitivement concluante, car la vitesse de la chaine, nécessairement identique pour les deux types, devait convenir mieux à l'un qu'à l'autre.

Godets.

Les godets varient aujourd'hui comme capacité de 3 à 13 pieds cubes (80 à 350 l).

Les godets sont parfois constitués pour le fond et les côtés en tôle emboutie, le dos seul du godet étant en fonte ou en acier coulé. Plus généralement, le dos et le fond sont coulés d'une pièce et les côtés sont formés d'une forte tôle d'acier. Le bord coupant du godet est renforcé par un ou deux plats très épais, en acier au manganèse ou analogue.

Les trous des godets, dans lesquels passent les axes en acier au manganèse qui relient chaque godet à un godet ou à un maillon, suivant le cas, sont garnis de bagues en acier. On peut ainsi remplacer à peu de frais les pièces qui supportent l'usure la plus rapide.

Tourteaux.

La tendance actuelle est d'augmenter le nombre de pans des tourteaux, afin de diminuer le frottement et, par suite, l'usure sur les axes des godets : on voit, en effet, que l'angle de flexion de la chaine à godets sur le tourteau, qui est de 90 degrés pour 4 pans, n'est plus que de 72 degrés pour 5 pans, 60 degrés pour 6 pans, etc. On est cependant limité par le diamètre du tourteau, qui augmente avec le nombre de pans puisque chaque pan doit avoir la longueur du godet.

Pour le tourteau supérieur, le type quadrangulaire est le plus employé. Pour le tourteau inférieur, les dispositions à 5 et 6 pans sont les plus fréquentes : on a proposé l'emploi d'un tourteau inférieur cylindrique de grand diamètre, mais cette disposition n'a pas, à ma connaissance, reçu la sanction de la pratique.

Les tourteaux sont exposés à des efforts, des chocs, et à une usure rapide. Aussi les munit-on, surtout celui du haut, de pièces en acier manganésé que l'on peut remplacer sans changer tout le tourteau. Les tourteaux quadrangulaires portent généralement, dans ce but, quatre cornières qui garnissent les quatre arêtes et sont boulonnées sur le tourteau.

Élinde.

L'élinde doit être très rigide puisqu'elle a à résister à la totalité de l'effort de dragage et aux chocs fréquents dus aux obstacles contenus dans le terrain. Elle est constituée par une poutre tubulaire à âme pleine ou en treillis. Le point d'articulation de l'élinde doit être placé aussi près que possible du tourteau supérieur, sinon la chaine se trouve tendue dans le vide sur une grande longueur, lorsque l'élinde est à sa position la plus haute, et il en résulte des « coups de fonets » désastreux pour les axes de godets et pour les rouleaux d'élinde.

Le relevage de l'élinde s'effectue au moyen d'un mouflage. La traction du mouflage sur l'élinde s'effectue généralement par l'intermédiaire d'un palonnier articulé en son milieu, afin d'égaliser les efforts sur les deux côtés de l'élinde. Sinon, il pourrait arriver que l'élinde se gauchit sous l'effort inégal de traction : il en résulterait une usure anormale du côté du tourteau et souvent des « décapelages » de la chaine à godets.

Appareil moteur.

On peut sous ce rapport diviser les dragues en deux groupes : les dragues à vapeur et les dragues électriques. Ce n'est que très exceptionnellement que l'on a tenté d'appliquer à ces appareils la force motrice hydraulique directe (Nouvelle-Zélande : installations de William O'Brien à Waipori et de R. T. Stewart à Waikaia), les moteurs à pétrole (Californie) ou les moteurs à gaz pauvre (Bolivie).

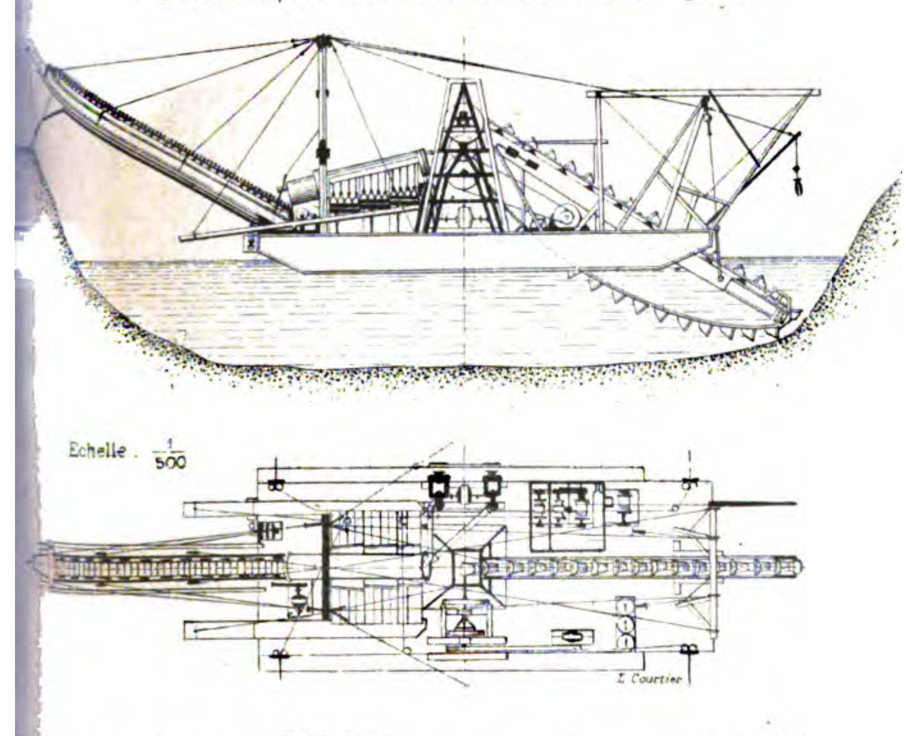
Comparaison entre les Dragues a vapeur et les Dragues électriques.

La drague à vapeur présente l'avantage de former un ensemble absolument complet et de s'accommoder plus facilement de la main-d'œuvre rudimentaire des pays neufs. C'est ainsi que toutes les dragues en service dans l'Afrique Occidentale, en Birmanie, dans les Guyanes, etc., sont des dragues à vapeur. En Nouvelle-Zélande, où l'on avait d'abord employé exclusivement des dragues de ce genre, les dragues électriques se sont multipliées depuis quelques années. Non seulement on a adopté ce type dans les régions où l'on disposait de force motrice hydraulique, mais on a même proposé, pour les districts disposant de réserves importantes de lignite, la production de l'énergie électrique dans des stations centrales établies près des gisements et qui desserviraient les dragues de la région. On estime que la suppression des transports onéreux de combustible et les avantages inhérents à la manœuvre électrique des dragues compenseraient amplement la perte due à une double transformation d'énergie. L'installation de dragues électriques alimentées par des stations centrales établies à terre a été réalisée au Klondike

(concession Boyle) et dans l'Alaska (Bourbon Creek) et récemment en Serbie (Peck).

Il est certain que cette solution offre d'incontestables avantages et mérite d'être étudiée, dès qu'un district minier prend une notable extension au point de vue du dragage. Évidemment on ne peut songer à résoudre ce problème par une réponse de principe : c'est une comparaison à faire dans chaque cas particulier, en tenant compte du prix du combustible, du coût des

Fig. 2. — DRAGUE ÉLECTRIQUE RISDON (CALIFORNIE)
à trommel, connexion alternée et élévateur à godets



transports, de la possibilité de se procurer le personnel technique nécessaire, des possibilités pour l'établissement d'une ligne de transmission en raison notamment des conditions climatériques (neiges, orages, humidité, etc.).

En ce qui concerne la manœuvre même de la drague, il n'est pas douteux que l'électricité, toutes les fois qu'elle est économiquement applicable, offre sur la vapeur de grands avantages. Elle permet à la fois d'assurer l'indépendance des moteurs des-

tinés à chaque manœuvre en évitant ainsi d'incessants embrayages, et cependant de réaliser de façon très pratique la centralisation de toutes les manœuvres entre les mains du chef dragueur. Aussi les dragues électriques de Californie fonctionnent-elles couramment avec deux hommes par équipe : un mécanicien et un laveur. L'emploi de l'électricité supprime aussi les transbordements de combustible entre le bord et la drague toujours onéreux, et parfois dangereux si le courant est rapide.

Enfin, toutes les fois que l'on dispose à proximité de forces hydrauliques, l'emploi de l'électricité réalise sur la vapeur une économie considérable. Dans ce cas, bien entendu, l'emploi de l'électricité s'impose sans hésitation; on peut dire qu'il ne présente plus que des avantages.

Dragues a vapeur.

Chaudières. — Les chaudières appartiennent, en général, soit au type « locomotive » tubulaire, soit au type multitubulaire. Le premier est généralement employé en Nouvelle-Zélande : il est simple, robuste, peu coûteux et assure beaucoup de continuité dans la production de vapeur, mais comme il ne permet pas le fractionnement en colis légers, il ne peut être adopté que dans les pays dotés de transports faciles. Dans les autres pays on emploie presque exclusivement les chaudières multitubulaires du type de marine.

Toutes les fois que l'on doit employer des combustibles inférieurs, lignite, tourbe en bois, il faut prévoir très largement les surfaces de grille et ne pas se contenter d'épreuves faciles faites par le constructeur avec d'excellent bois et la drague fonctionnant à vide.

Machine principale. — La machine principale commande l'appareil dragueur, et souvent le trommel, lorsqu'il y en a un. On a sur certaines dragues installé pour commander le trommel une machine indépendante afin de permettre de faire varier sa vitesse de rotation suivant la nature de l'alluvion, tout en maintenant constante la vitesse de l'appareil dragueur. Quoiqu'il y ait quelque justesse dans ce principe, j'estime personnellement qu'il n'est pas indispensable de s'imposer la complication que cause une machine supplémentaire, et qu'il suffit de prévoir

deux ou trois rapports de poulies pour la commande du trommel.

Par contre, je n'hésite pas à condamner la commande par cette même machine principale de la pompe centrifuge qui assure l'alimentation de l'appareil laveur. Cette disposition a été surtout employée au début, par simplification et principalement par économie : elle est défectueuse. Le dragueur doit être maître de régler à volonté le débit d'eau suivant le « tempérament » de l'alluvion et il faut une machine indépendante.

Pour la machine principale le type vertical et le type horizontal ont été tous deux employés : bien que le premier soit moins encombrant, je préfère le second qui est beaucoup plus stable. Ces machines sont presque toujours à deux cylindres compound, et doivent être munies d'un changement de marche pour dégager les chaînes à godets des obstacles par la marche arrière. La machine principale commande le tourteau supérieur de l'appareil dragueur par un intermédiaire de courroies et d'engrenages, avec interposition d'un embrayage à friction. Cet embrayage, dont la commande doit être à proximité du chef dragueur, est indispensable : il permet à ce dernier d'arrêter instantanément la chaîne à godets en cas d'obstruction ou d'avarie et d'éviter ainsi des ruptures désastreuses. On a soin de régler l'embrayage de telle façon, qu'en cas d'inattention du chef dragueur un glissement se produise automatiquement si l'effort devenait anormal.

Treuils. — Les cylindres du treuil commandent les tambours par l'intermédiaire d'embrayages qui peuvent être soit à griffes, soit à friction; on a reproché aux embrayages à friction de permettre parfois des glissements, dangereux surtout pour le tambour de relevage de l'élinde; l'embrayage à friction est plus rapidement en action et peut être employé pour les tambours de papillonnage (1) et même pour l'avancement si le terrain n'est pas trop dur et si la drague n'est pas trop considérable, à la condition de lui donner des dimensions suffisantes. Pour le relevage d'élinde, on peut employer l'embrayage à griffes. Dans les exploitations où le bed rock a une surface irrégulière et où il faut par suite relever et abaisser sans cesse l'élinde pour en

(1) On appelle papillonnage l'ensemble des manœuvres d'orientation de la drague. Il s'opère au moyen de quatre câbles latéraux, deux en avant, deux en arrière, fixés aux berges ou à des corps morts.

suivre les contours, on a intérêt pour accélérer les manœuvres à commander le relevage d'élinde par un treuil spécial placé à proximité de l'autre. Pour cet usage particulier, un treuil vertical, avec commande du tambour par une vis sans fin irréversible, convient bien.

Pompes. — Le lavage de l'alluvion exige une grande quantité d'eau sous une pression modérée : l'usage de la pompe centrifuge est général à cet effet. J'ai signalé plus haut l'utilité qu'il y a à actionner cette pompe centrifuge par une machine indépendante. On peut commander la pompe par l'intermédiaire d'une courroie, ou bien la caler directement sur l'arbre d'une machine à vapeur à grande vitesse (machine verticale). Cette dernière solution qui ne convient qu'avec des centrifuges d'assez grand diamètre, présente l'avantage de supprimer la courroie, qui n'est pas sans inconvénients en raison de l'humidité et des projections d'eau à peu près inévitables.

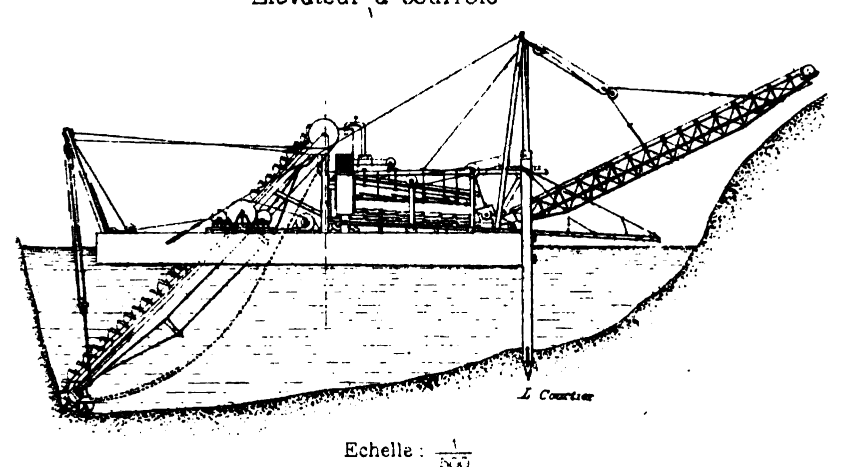
Les chantiers Risdon (San-Francisco) munissent les dragues, tant à vapeur qu'électriques, qu'ils construisent, d'une pompe centrifuge double, consistant en deux turbines distinctes de tailles différentes calées sur le même arbre et tournant chacune dans son enveloppe. Le but de ce dispositif est de fournir au cribleur de l'eau sous une pression supérieure à celle que l'on distribue aux tables et sluices.

Dragues électriques.

Le courant électrique dont on dispose dans presque tous les cas étant du courant triphasé à haut voltage (de 2000 à 20000 volts), il y a lieu de le transformer au moins pour certains des moteurs de la drague. Dans certaines installations, les transformateurs ont été placés à terre; cette disposition présente l'inconvénient d'exiger un câble de forte section et par suite lourd; or la connexion entre la terre ferme et la drague est une des difficultés des dragues électriques et elle est d'autant plus sérieuse que le câble est plus lourd. On préfère, en général, installer les transformateurs à bord. On transforme communément à 440 ou 550 volts pour les moteurs, et à 55, 110 ou 220 volts pour les circuits d'éclairage. Toutefois, certaines installations qui disposent d'un courant à haute tension ne dépassant pas

2000 à 2200 volts l'utilisent sans transformation dans les gros moteurs, notamment dans le moteur qui commande la chaîne à godets et ne transforment que pour les moteurs auxiliaires, pompes, treuils, trommel, etc. Pour l'alimentation des moteurs, les Californiens ont essayé, sans succès, le courant continu. Ils

Fig. 3. — DRAGUE BUCYRUS
électrique, à connexion continue et tables à secousses



emploient des moteurs d'induction à courant triphasé, à rotor bobiné. Pour la commande de la chaîne à godets et des treuils, il est indispensable de faire varier la vitesse du moteur. Dans ce but, les extrémités de l'enroulement du rotor aboutissent à trois bagues avec balais reliés au secteur d'un important rhéostat qui permet, en outre du démarrage, les variations de vitesse. Il faut bien entendu, des rhéostats de grande dimension et pourvus d'un refroidissement énergique, car les moteurs doivent pouvoir fonctionner plusieurs heures sur les plots inférieurs du contrôleur. Avec cette disposition, le moteur ne fonctionne aux vitesses ralenties qu'au prix d'une grande perte de rendement. Il est vrai que le bas prix auquel le courant est distribué à Oroville et surtout à Folsom rend secondaire cette question de rendement.

Pour les autres commandes : c'est-à-dire, la pompe centrifuge (30 à 80 ch), le cribleur, trommel ou crible à secousses (15 à 40 ch), l'élévateur (même force), etc., on emploie les mo-

teurs à vitesse constante : ce sont des moteurs d'induction ordinaires munis d'un rhéostat qui ne sert que pour le démarrage.

L'adduction du courant à bord a, ainsi que je l'ai dit, présenté fréquemment des difficultés : le câble doit, en effet, permettre le déplacement de la drague et, pour le soustraire à une détérioration rapide, il importe d'éviter son immersion. Dans ce but, on le supporte parfois sur des croisillons de bois portés par des blocs de bois formant flotteurs, ou encore par de petits radeaux constitués chacun par deux barils et des traverses; ou enfin, on le suspend à une potence placée aussi haut que possible sur le beffroi central ou sur la superstructure avant. La meilleure précaution est d'enfermer le câble dans un tuyau de caoutchouc.

Appareils de lavage. — On a fréquemment classé les dragues, sous le rapport du lavage de l'alluvion, en deux types : le type néo-zélandais à sluice et le type californien à tables. Cette distinction a perdu beaucoup de sa rigueur depuis la construction des récentes dragues néo-zélandaises, dont certaines sont munies de tables, et des dernières dragues californiennes qui comportent simultanément des tables et des sluices.

Quel que soit le type de l'appareil de lavage employé, il doit assurer d'abord un « débourbage » aussi complet que possible, puis le classement de l'or. Le débourbage est la séparation des quartz, cailloux, etc., et de l'or d'avec la gangue généralement argileuse qui les renferme. L'argile est, en effet, le plus sérieux obstacle à la récupération de l'or; non seulement les particules d'or adhérentes à l'argile n'ont plus la densité apparente nécessaire pour se classer, mais les fragments et pelotes d'argile happent au passage les particules d'or libérées. Dès que l'or est libéré de sa gangue argileuse, il tombe très rapidement au fond à moins qu'il ne soit très fin, et le classement s'effectue facilement.

Les premières dragues de la Nouvelle-Zélande comportaient uniquement le sluice comme appareil de lavage. Tout au plus le munissait-on en tête d'un « grizzly », sorte de grille à barreaux, très robuste, destinée à éliminer de suite les gros blocs.

Le sluice remplit à lui seul le double rôle dont j'ai parlé plus haut, il sert de débourbeur et de classeur d'or. Le débourbage s'effectue par le frottement des matières argileuses aurifères, d'une part, contre les quartz et cailloux que renferme presque

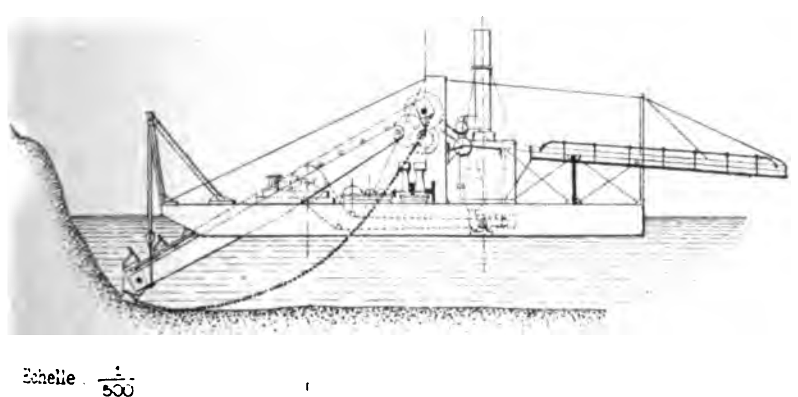
toujours l'alluvion, d'autre part, contre les arêtes et saillies des riffles transversaux dont est muni le sluice.

Pour favoriser la retenue de l'or, on place fréquemment dans le sluice, à la suite des riffles, des tapis de fibres de coco ou d'autre tissu analogue recouverts de grillages ou de métal déployé : cette disposition est analogue, aux dimensions près, à celle des tables dont je parlerai plus loin.

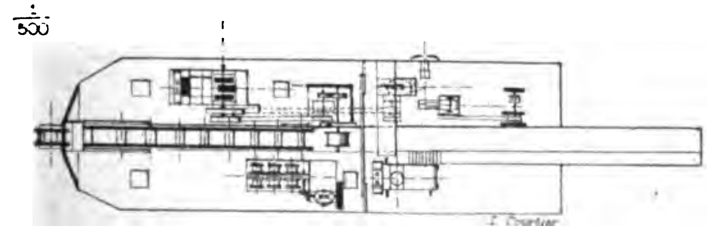
Le sluice est l'appareil idéal pour les alluvions peu argileuses : il est économique, très simple; il ne peut se détériorer puisqu'il

Fig. 4. — DRAGUE A VAPEUR A SLUICE

construite par Fraser and Chalmers Ld



Echelle $\frac{1}{500}$



n'a aucun organe en mouvement. Mais il devient insuffisant et d'un mauvais rendement pour des alluvions quelque peu chargées en argile. On a été ainsi amené à faire précéder le classement de l'or d'un débourbage mécanique accompagné d'une classification méthodique des éléments de l'alluvion.

Les appareils de débourbage employés dans ce but peuvent se ramener à deux classes principales : le trommel ou cribleur rotatif, et le crible à secousses. Les deux modèles ont été fré-

quemment employés aux États-Unis et chacun a ses partisans.

Le crible à secousses est moins coûteux de premier établissement, présente une surface de criblage plus considérable et répartit mieux les fins sur les tables. Le trommel, d'autre part, en brassant énergiquement la matière, assure un débourbage plus efficace; ses partisans lui attribuent, en outre, une plus grande économie d'entretien et une moindre dépense de force motrice.

A mon avis, le choix entre les deux appareils dépend surtout de la nature de l'alluvion à traiter. Pour passer un très gros cube journalier d'alluvion peu collante, je crois le crible à secousses préférable; pour une alluvion fortement argileuse, je n'hésite pas à recommander le trommel.

Aussi bien avec un appareil qu'avec l'autre, il faut donner aux perforations une « dépouille » ou conicité vers l'extérieur pour éviter l'engorgement.

Les dimensions des trous varient suivant la nature du terrain et le type d'appareils de récupération employé. Les trous doivent être plus petits si l'on emploie des tables que si l'on emploie des sluices, parce que les tables sont plus sujettes à se « bloquer », c'est-à-dire à s'engorger.

Pour les cribles à secousses, on dispose parfois deux cribles superposés, les trous du crible inférieur étant, bien entendu, plus petits.

Les trommels comportent généralement plusieurs sections annulaires ayant chacune des trous différents : par exemple, 6 mm dans la section supérieure (entrée des matières), puis 9 mm, puis 12 mm, enfin 15 mm à la sortie. On assure ainsi un meilleur débourbage des pelotes argileuses et aussi une répartition plus égale sur les tables.

Quel que soit le type adopté, il reste, le débourbage et le criblage étant effectués, à réaliser le classement de l'or. On pouvait conserver le sluice à cet effet, mais sa grande longueur destinée à faciliter le débourbage devenait sans objet. L'expérience a prouvé depuis longtemps que, si l'on veut classer des particules d'or libérées de leur gangue, il est beaucoup plus important de faire circuler la matière à vitesse ralentie et en nappe mince que de donner une très grande longueur aux surfaces de dépôt. L'or, en effet, même assez fin, se précipite presque immédiatement dès qu'il est libre, si le courant d'eau n'est pas violent. On a été ainsi amené à remplacer le sluice

par un appareil beaucoup plus court, mais beaucoup plus large, afin de diminuer à la fin l'épaisseur de la nappe et la vitesse du courant. Cette disposition est réalisée par les tables de récupération. Ce sont des plans inclinés, d'une longueur variant de 2 à 5 m, placés soit en long, soit en travers de la drague en nombre variable : 6, 10, 12, parfois 20, et entre lesquels se répartit la matière à laver.

On munit fréquemment ces tables d'un dispositif qui permet de faire varier leur inclinaison suivant la nature de la matière traitée. Les tables sont recouvertes généralement d'un tissu rugueux maintenu en place par un grillage et des cadres : on emploie surtout dans ce but le tapis en fibres de coco, qui est résistant, pourrit peu, et dont les fibres arrêtent efficacement l'or fin, et on le maintient en place par du métal déployé dont les mailles constituent autant de petits rifles favorables à la précipitation de l'or.

Pour faciliter la récupération de l'or fin, il est d'usage de répandre dans le sluice, et parfois sur les tables, une certaine quantité de mercure en gouttelettes aussi fines que possible.

Les dragues californiennes les plus récentes comportent un dispositif intermédiaire entre l'ancien sluice et les tables. Sous le cribleur se trouvent tantôt une table, tantôt deux tables successives à pente contraire; mais ces tables sont généralement garnies de rifles constitués par des cornières ou par des tasseaux en bois protégés à leur face supérieure par un plat en fer. Ces tables déversent l'alluvion dans des rigoles qui la répartissent entre 6, 8 ou 10 sluices longitudinaux, notablement plus courts que le sluice unique des anciennes dragues et garnis de rifles. Ce système, connu sous le nom de « système Holmès », est appliqué sur les plus récentes dragues californiennes, notamment « Baggett », « Butte », « El Oro », « Folsom nos 4 et 5 », etc.

La levée de production *(clean-up)*, c'est-à-dire la récolte de l'or qui s'est déposé dans les sluices ou sur les tables, se fait à des intervalles très variables, parfois tous les deux jours, parfois seulement une fois par mois ou même moins fréquemment encore ; cela dépend de la grosseur de l'or, de la teneur et de la nature de l'alluvion, de la disposition des appareils de lavage. Dans la majorité des cas, on fait cette opération une fois par semaine. On recueille tous les concentrés très riches qui garnissent les tables ou le sluice, on lave soigneusement dans un baquet les tapis de coco, puis on traite tous ces concentrés soit

dans un petit sluice à main, soit dans une sorte de batée mécanique, afin d'isoler l'amalgame qui est évaporé à la manière ordinaire.

Installations annexes.

Évacuation des résidus (tailings). — Dans les dragues à sluice, on se contente, en général, de laisser déverser toutes les matières stériles en queue du sluice. Cette disposition, qui est la plus simple, convient bien pour le dragage en rivière où le courant suffit à entraîner ces résidus. Mais, lorsque l'on drague en « placer » *(paddock dredging)*, c'est-à-dire dans une excavation fermée ou presque, dans laquelle le courant est à peu près nul, on risque de voir la drague s'enlizer et s'échouer, surtout si l'on attaque un terrain dont la surface est notablement au-dessus du plan d'eau. On a été ainsi conduit — et cette disposition est aujourd'hui très fréquente sur les dragues à cribleur — à installer sur l'arrière un élévateur qui permet d'empiler les déblais à un niveau bien supérieur à celui du terrain primitif, afin de compenser le foisonnement.

Les élévateurs appartiennent à deux catégories distinctes : l'élévateur à courroie sans fin, dérivé du type bien connu des transporteurs du genre Robin's, et l'élévateur à godets métalliques. Le premier type exige moins fréquemment des réparations et, par suite, fait perdre moins de temps; le rendement de la drague est de ce fait quelque peu augmenté; il consomme moins de force et peut être actionné par la partie inférieure, bien que, dans ce cas, la fatigue de la courroie soit notablement accrue; enfin il est silencieux. L'élévateur à godets, d'autre part, peut travailler sous un angle beaucoup plus grand avec l'horizontale (35 degrés au lieu de 18 à 20 degrés) et permet ainsi d'atteindre des hauteurs qui exigeraient, avec l'élévateur à courroie, une portée exagérée; de plus, bien que les réparations soient plus fréquentes, il est moins coûteux d'entretien que la courroie dont le remplacement est onéreux. Enfin, dans les pays très froids, il est supérieur à la courroie que la glace fait patiner et détériore rapidement.

La commande de l'élévateur se fait toujours par son tourteau supérieur, sauf dans quelques rares dragues parmi celles munies du transporteur à courroie. Avec les dragues électriques, il n'y a aucune difficulté : on place le moteur à la partie supérieure de l'élévateur et il attaque l'arbre du tourteau par un engrenage.

Avec les dragues à vapeur, il n'en va pas de même et la transmission de la force nécessaire à l'extrémité supérieure de l'élévateur exige, en plus d'un ou plusieurs relais de courroies, soit un câble sans fin, soit un arbre placé tout le long de l'élévateur et muni de pignons d'angle; cette transmission est fréquemment une cause d'ennuis.

Conduite du Dragage.

Dragues à câbles et dragues à piquets. — Le déplacement progressif de la drague est obtenu, soit exclusivement par des câbles, soit par l'emploi simultané de câbles et de piquets.

Les dragues du premier type comportent un fort câble d'avancement amarré en avant soit sur un arbre, une souche enterrée ou un autre obstacle, soit sur une ancre ou un corps mort; l'avancement se produit par halage sur ce câble.

Les dragues du deuxième type portent dans leur partie arrière deux très forts piquets verticaux terminés en pointe à leur partie inférieure. Il y a généralement un piquet principal en acier (poutre tubulaire renforcée) et un piquet auxiliaire en bois ferré; certaines dragues cependant (drague Champlin, à Footes Creek, Oregon) emploient deux piquets identiques en bois; cela ne peut se faire que sur un terrain relativement tendre.

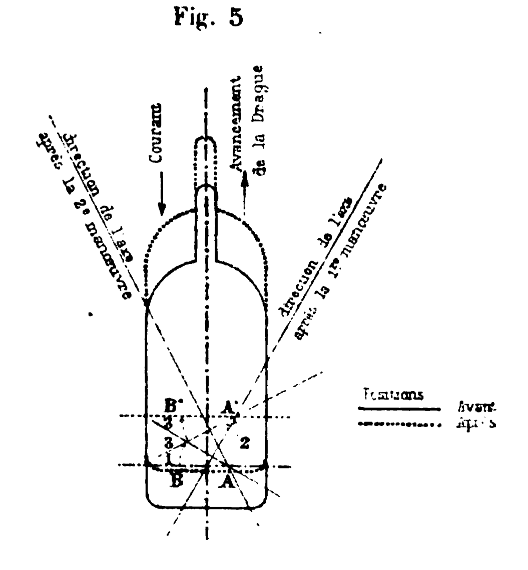
Les dragues, qu'elles soient à câbles ou à piquets, comportent en outre quatre câbles de papillonnage : bâbord avant et arrière, tribord avant et arrière, bien que pour la drague à piquets deux câbles de papillonnage avant suffisent théoriquement.

Le déplacement de la drague à câbles se comprend sans explication. L'avancement de la drague à piquets se fait en deux temps, qui sont clairement expliqués par le croquis ci-dessous (fig. 5). Le pivotement de la drague autour d'un piquet s'obtient, bien entendu, par les câbles de papillonnage.

Les piquets assurent à la drague un point d'appui invariable qui évite de laisser derrière soi des parties non travaillées et réduit, en outre, dans des alluvions dures, le tangage, toujours défavorable pour une bonne récupération. Ce dernier avantage a cependant sa contre-partie : la drague se trouve bien immobilisée, malgré la réaction de l'obstacle sur le godet, mais c'est au détriment de l'appareil dragueur et de la charpente, qui sont soumis à des efforts considérables. Avec un câble d'avancement, au contraire, il y a une certaine élasticité qui provoque précisé-

ment du tangage et des coups d'eau, mais qui, d'autre part, amortit partiellement les chocs. Le dragage sur piquets, qui assure à la drague, pendant toute la durée d'une opération, un repérage invariable, permet de travailler le terrain en plusieurs passes successives, de plus en plus profondes, jusqu'à atteindre le bed rock ; en appliquant la même méthode aux dragues à câbles d'avancement, on risquerait d'abandonner sans les travailler de petites surfaces, parce qu'on ne serait pas sûr de revenir, lors d'une passe ultérieure, à l'aplomb rigoureux de la première. Certains dragueurs attribuent aux piquets une plus grande sécurité dans les cas où le dragage se fait dans un courant rapide; c'est là, toutefois, une opinion américaine et nous ne

Fig. 5



devons pas oublier que les Néo-Zélandais, qui ont eu souvent à lutter contre des courants particulièrement violents (rivières Clutha, Shotover, etc.), emploient en majorité les câbles d'avancement et non les piquets. Le système des piquets rend parfois difficile l'évacuation des résidus qui, par suite de la fixité de position de la drague pendant toute une passe, s'accumulent en trop grande quantité en un même point. On a cherché à remédier à cet inconvénient en faisant l'élévateur pivotant (dragues de Ruby, Montana, et Fair Oaks, Californie).

L'emploi des câbles d'avancement procure une certaine élasticité qui diminue les chocs sur la machinerie, comme je l'ai dit

précédemment; il permet, en outre, une plus grande rapidité de manœuvre.

L'emploi du câble d'avancement est général en Nouvelle-Zélande. En Californie, les deux systèmes sont en usage. Les dragues « Risdon » fonctionnent sur câble d'avancement; les dragues « Bucyrus » comportent des piquets. Certaines dragues récentes sont munies des deux systèmes. Cette diversité prouve que, sur des terrains analogues, les deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients; toutes deux sont bonnes, il faut, dans chaque cas particulier, rechercher quelle est la meilleure.

Enlèvement préalable du stérile. — Dans la majorité des cas, bien que la concentration du métal précieux soit presque toujours plus grande vers la partie inférieure, l'or est suffisamment disséminé sur toute la hauteur pour qu'il y ait lieu de passer la totalité du cube extrait aux appareils de classement et de récupération.

Dans certains cas, cependant, la partie supérieure est nettement stérile et il y a alors intérêt à draguer séparément ce stérile et à l'évacuer directement sans le faire passer sur les cribleurs qu'il obstrue et sur les tables ou sluices qu'il engorge. Comme, d'autre part, le stérile est généralement beaucoup moins dur que la couche aurifère, on peut le draguer plus vite et augmenter sa la capacité. Enfin, on réduit le débit des pompes à ce qui est nécessaire pour entraîner la matière qui n'a ni lavage ni débourbage à subir et on économise ainsi de l'eau et, par suite, de la force motrice.

Bien entendu, afin d'être certain de ne pas perdre d'or, il faut arrêter le dragage du stérile nettement au-dessus de la séparation entre la zone stérile et la zone payante. La partie inférieure de la première est donc traitée avec la deuxième.

Le mode d'isolement du stérile le plus simple est sans conteste celui qui fut occasionnellement employé sur une des dragues « Yuba » (Californie). On arrêta simplement l'eau et le trommel, de sorte que les trous de ce dernier s'obstruèrent et que la matière fut évacuée directement sur l'élévateur. C'est là un moyen de fortune trop rudimentaire. Dans d'autres cas, on aveugle les perforations des cribleurs au moyen d'une tôle pleine.

Quand on doit passer le stérile à part d'une façon régulière, il

est préférable de lui réserver un chenal d'évacuation spécial, avec des portes ou des volets évitant son passage dans les appareils cribleurs. Notre collègue, M. Levat, munit les dragues qu'il construit d'un dispositif à cet effet. Il en est de même de certaines dragues construites par la maison Lobnitz.

Affouillement au monitor. — Il est souvent avantageux de placer à l'avant de la drague un « monitor » ou ajutage hydraulique, alimenté par de l'eau sous pression de 6 à 8 kg.

Ce dispositif est utilisé à Folsom (Californie) pour affouiller le front de taille, qui a une hauteur d'environ 7,50 m au-dessus du plan d'eau. On peut ainsi faire tomber en avant de la drague cette petite falaise, qu'il serait dangereux de miner directement avec les godets, car un éboulement bloquerait toute la partie inférieure de l'élinde, qu'il serait ensuite long et coûteux de dégager. J'ajoute que c'est à dessein que l'on maintient le niveau de l'eau aussi bas dans la fouille, afin de diminuer la profondeur de dragage et pouvoir ainsi atteindre le bed rock avec une élinde moins longue.

Au Placer Elysée (Guyane française), le monitor à l'avant nous est fort utile pour débarrasser les troncs d'arbres de la terre qui adhère aux racines et diminuer ainsi notablement le poids à enlever au moyen de la grue placée en porte-à-faux sur l'avant : on peut évaluer à 2 ou 3 t le poids de terre ainsi éliminé dans certains cas.

Main-d'œuvre. — Les dragues électriques californiennes fonctionnent couramment avec 9 hommes : 1 chef dragueur, 2 manœuvres pour les changements de câbles et travaux divers, plus 2 hommes pour chacune des trois équipes (1 pilote au treuil et 1 graisseur qui surveille aussi le lavage).

C'est là un minimum. En Nouvelle-Zélande, l'on est aussi parvenu, avec les dragues à vapeur, à fonctionner avec 2 hommes par équipe : le pilote au treuil et le chauffeur qui surveille en même temps les machines et le lavage. Il faut une main-d'œuvre très exercée pour arriver à ce résultat et, dans bien des cas, il est nécessaire d'adjoindre un auxiliaire par équipe.

Enfin, si le champ de dragage est relativement étroit et qu'il soit, par suite, nécessaire de changer fréquemment la position des câbles ou encore si les obstacles, tels que souches, roches, etc., sont fréquents, il faut compter, non plus 2 hommes en tout, mais bien 2 hommes par équipe pour ces manœuvres.

Il faut aussi tenir compte, pour les dragues à vapeur, de la manutention nécessaire pour la mise à bord du combustible.

Mais quoi qu'il en soit, et même dans le cas le plus défavorable, le dragage, si on le compare aux anciennes méthodes employées pour l'exploitation alluvionnaire, accroît dans des proportions considérables la capacité de production par ouvrier

III

Le dragage dans divers pays.

Je me propose maintenant d'indiquer les développements récents des dragages pour or dans les divers pays du monde où cette industrie existe.

Nouvelle-Zélande.

Bien que le nombre des dragues, en Nouvelle-Zélande, ait diminué depuis quelques années, par suite de l'épuisement de certains gisements, le dragage y constitue toujours une industrie très florissante. Il y est pratiqué dans trois districts : Otago (40 dragues), Southland (50 dragues) et la Côte-Ouest (40 dragues). La plupart des dragues sont à vapeur *(Pl. 154, fig. 1)*, fréquemment avec chauffage au lignite; certaines des nouvelles dragues sont électriques (Earnscleugh, Electric n°s 1 et 2, etc.).

Le trommel, qui avait supplanté, dans les dragues récentes, l'ancien sluice, est délaissé, depuis deux ans, pour les cribles à secousses. La capacité des godets, qui était de 5 pieds cubes en moyenne, a été portée à 6 et 7 pieds cubes dans les dernières dragues (Otago n° 2, Earnscleugh n° 3, Rising Sun, Electric).

Le district de Southland renferme de vastes marécages qui paraissent devoir assurer le développement futur du dragage.

Le district de la Côte-Ouest n'a pas jusqu'ici donné des résultats très satisfaisants, bien que des dragues aient travaillé avec succès à No Town Creek, à Blackwater River, à Nelson Creek, etc. Le gravier renferme beaucoup de souches et de roches, et les inondations y sont fréquentes. Les progrès récents du dragage permettent cependant d'espérer que l'on pourra surmonter ces difficultés.

AUSTRALIE.

Deux des États sont à considérer pour le dragage : le Victoria et la Nouvelle-Galles du Sud.

Victoria. — Le Victoria avait 36 dragues à godets en marche en 1906. La moyenne de teneur récupérée a été de 18 grains par yard cube, soit environ 0,45 f par mètre cube. Malgré ces faibles teneurs les bénéfices ont été notables et onze Sociétés ont payé des dividendes variant de 2000 à 3500 £.

Le rapport du Service des Mines constate même qu'une Société (Vaugham Bucket Dredging C°) a payé 30 0/0 de dividendes après avoir traité un terrain qui ne payait que 0,25 f au mètre cube.

Outre ces 36 dragues à godets, il y avait 82 installations dites « dragues à pompes », du type dont j'ai parlé au début de cette note. Comme il ne s'agit pas là de dragage à proprement parler, je ne m'y arrêterai pas.

Nouvelle-Galles du Sud. — La Nouvelle-Galles du Sud renfermait, en 1906, 22 dragues à godets fonctionnant sur des alluvions aurifères (en outre de 27 dragues qui exploitaient l'étain). Là aussi l'industrie du dragage est en progression marquée. La teneur moyenne en or aurait été de 2,21 grains au yard cube, soit 0,55 f au mètre cube.

Le principal centre du dragage est à Araluen (13 dragues à godets et 2 suceuses).

ÉTATS-UNIS.

L'industrie du dragage existe actuellement dans la plupart des États de l'Ouest, mais les résultats les plus importants de beaucoup ont été obtenus en Californie.

Californie. — La majorité des dragues qui y sont en service proviennent de deux constructeurs : Bucyrus C°, de Milwaukee, et Risdon Iron Works, de San Francisco. Les caractères généraux des dragues des deux origines les différencient nettement les unes des autres. Les dragues Bucyrus comportent les godets à connexion continue (c'est-à-dire sans maillons intercalés), le

crible à secousses, l'élévateur à courroie sans fin. Les dragues Risdon ont les godets à connexion alternée (maillons et godets), sauf quelques-unes des plus récentes, le trommel, l'élévateur à godets. Elles ont conservé jusqu'à ces derniers temps une forme particulière des godets, assez hauts et peu larges, et qui, à mon avis, se prête mal à l'évacuation rapide des matières. Toutes les dragues Risdon sont équipées avec le câble d'avancement, sans piquets, tandis que les dragues Bucyrus sont généralement munies de piquets.

L'exploitation alluvionnaire de la Californie, jadis très florissante, au temps des grandes exploitations hydrauliques, était tombée dans une décadence complète; des lois prohibitives (Caminetti Act) furent la conséquence de la campagne très vive menée par les agriculteurs contre cette industrie à laquelle on reprochait, non sans exagération, d'inonder de ses rejets les vallées inférieures des fleuves et de détruire toute culture. Le dragage, bien que ne s'appliquant pas aux mêmes gisements que l'exploitation hydraulique, est venu fort à propos compenser en partie le déficit que l'arrêt de celle-ci laissait dans la production totale.

Presque toutes les dragues en marche dans l'État de Californie sont réparties entre trois districts : Oroville, le Yuba River et Folsom.

Il y a, dans le district d'Oroville, 32 dragues appartenant à seize Sociétés différentes; sur ce nombre, 31 sont du type à godets, et une du type « dipper dredge », dont j'ai parlé au début de cette étude. Parmi les dragues à godets la dimension la plus répandue est celle de 5 pieds cubes (18 dragues); les plus anciennes n'ont que 3 pieds cubes; certaines des plus récentes atteignent 7 pieds cubes (*Pl. 154, fig. 2*).

Le champ de dragage d'Oroville a, au total, une étendue d'environ 3000 ha. Toutes les dragues sont électriques, le courant leur étant fourni à raison de 0,08 f le kilowatt. La teneur du terrain est très régulière, sa moyenne dans les bons endroits est de 1,10 f par mètre cube. Le bed rock (faux bed rock) est constitué par un tuf d'origine volcanique facile à entamer.

Dans le district de Yuba nous ne trouvons que deux Compagnies : Yuba et Marysville; encore appartiennent-elles au même groupe. La première a 8 dragues, la deuxième 2.

Les deux premières dragues installées, Yuba n°s 1 et 2, ont des godets de 6 pieds cubes et des cribles à secousses; toutes les

autres sont de 7,5 pieds avec trommel. Toutes les chaines à godets sont du type à connexion continue. La particularité de toutes ces dragues est la longueur extraordinaire de leur élévateur, nécessitée par la très grande profondeur à laquelle elles doivent travailler : 64 pieds (19,20 m) et même 70 pieds (21 m) Toutes ces dragues sont manœuvrées sur piquets.

Dans le district de Folsom 7 dragues appartenant à trois Compagnies différentes sont en marche : 3 dragues de 6 pieds cubes 3 de 9 et 1 de 13.

Cette dernière, dont la capacité de production mensuelle atteint 150 000 m³, est, avec la drague n° 3 de Ruby (Montana), la plus grande drague à or du monde. La majorité des dragues de ce district se rapprochent du type Bucyrus. Toutes les dragues sont électriques ; le courant leur est distribué au prix exceptionnellement bas de 3,035 le kilowatt.

Les conditions locales du champ de dragage : natures du bed rock et du gravier, profondeur, etc., sont analogues à celles d'Oroville. mais la surface du bed rock y est plus irrégulière.

Quelques exploitations de dragage ont été entreprises dans les Comtés de Calaveras et de Nevada; elles n'offrent pas de particularités intéressantes.

Montana. — Les conditions locales sont moins favorables au Montana qu'en Californie et cela explique que la période de tâtonnements ait été beaucoup plus longue : d'une part, l'hiver y est très rigoureux et il a fallu prendre des précautions toutes spéciales pour éviter les avaries dues à la gelée et même la congélation de l'excavation où flotte la drague ; d'autre part, le bed rock est, en général, assez dur et les gros blocs de roche sont très fréquents dans l'alluvion. Aussi a-t-on été amené à créer des dragues extrêmement puissantes.

La principale exploitation de dragage du Montana est celle du Conrey Placer, à Ruby, où 3 dragues sont en marche. Les dragues n°s 1 et 2, ayant respectivement des godets de 7 et 10 pieds cubes, sont à vapeur; la drague n° 3, de 12,5 pieds cubes, est électrique. Cette dernière présente des dimensions considérables les godets, d'une capacité de 340 l chacun, pèsent 1 250 kg; les renforts, en acier au manganèse, qui garnissent les bords du godet, pèsent à eux seuls 225 kg. La poutre armée constituant l'élinde pèse 40 t. La coque a 39 m de longueur et 14,50 m de largeur; le poids total de la drague atteint environ 1 000 t.

Pour lutter contre la gelée — car, dans le Montana, la température descend en hiver à 30 et 35 degrés au-dessous de zéro — les dragues à vapeur envoient leur eau de condensation dans le bassin; le terrain alluvionnaire étant inondé est ainsi préservé de la gelée. Mais on doit débarrasser fréquemment les côtés de l'élinde, les parois des sluices, etc., des glaçons qui s'y accumulent. On a remarqué que l'amalgamation, sans être impossible, était néanmoins plus difficile avec de l'eau très froide et que l'amalgame était plus tendre et contenait une plus forte proportion de mercure. Sur la drague n° 3, comme elle est électrique, on a dû installer une chaudière spéciale pour le chauffage et disposer des doubles fonds sous les sluices.

Autres États. — Des dragues sont encore en marche dans l'Idaho (Snake River, Moose Creek et Boisé Bassin), dans l'Orégon (Foots Creek, Crane Creek, Gold Hill, etc.); enfin, dans le Colorado, à Breckenridge.

Alaska. — En dépit des difficultés considérables que présente, pour une industrie régulière, un pays où le froid interdit toute exploitation pendant la moitié de l'année, l'esprit d'entreprise des Américains en est venu à bout. Dans la région du Cap Nome, après que de nombreuses tentatives eurent échoué, une drague a fonctionné régulièrement et avec des résultats satisfaisants, pendant tout l'été 1907, sur la « Salomon Creek ». Une autre drague, à godets de 9 pieds cubes, est en construction sur la « Bourbon Creek », en remplacement de plusieurs excavateurs sur rails qui n'ont donné aucun résultat. Elle sera d'une robustesse exceptionnelle, chaque godet pesant 1 250 kg. L'originalité de l'installation consiste surtout en ce que la drague est électrique et que le courant est produit à terre au moyen de turbines alimentées par des chaudières chauffées au pétrole. Il faut attendre la sanction de la pratique pour se prononcer sur des dispositifs aussi neufs, appliqués dans un pays où les conditions locales sont aussi spéciales.

Colombie britannique et Klondike.

Les innombrables chercheurs d'or qui envahirent il y a une douzaine d'années au prix de mille fatigues le Klondike eurent

assez tôt fait d'épuiser les poches riches de son sous-sol. A mesure que les teneurs diminuaient, l'exploitation mécanique tendait de plus en plus à se substituer au travail de l'homme, et il semble bien que les résultats de la dernière campagne d'été aient été favorables, puisqu'on projette de nouvelles installations. Il y avait en 1906, cinq dragues en marche; en 1907, sept drägues et cinq autres étaient en montage. Là, comme à l'Alaska, le plus grave obstacle vient de la congélation du gravier : on a bien essayé de le dégeler au préalable avec les pointes à injection de vapeur, mais la méthode était ruineuse, surtout en raison du prix du combustible et on a dû l'abandonner dans la plupart des cas. Elle n'est plus guère appliquée que dans l'exploitation à la main.

La plus ancienne des dragues en service au Klonkike est celle du « Bonanza Basin », montée en 1901 : c'est une drague à vapeur. Une autre drague plus puissante et plus récente, installée sur la concession Boyle, est électrique et reçoit le courant d'une station centrale avec turbines à vapeur, installée à terre.

La Colombie britannique a été, en deux endroits fort éloignés l'un de l'autre, le théâtre d'essais de dragage.

A Atlin, qui est situé dans l'extrême Nord, et près de la frontière du Klondike, après que deux dragues trop légères pour le dur gravier cimenté eurent échoué, une drague beaucoup plus puissante à godets de 7 pieds cubes et demi a été installée à Blue Canyon. On assure que les résultats sont très satisfaisants, mais aucun détail n'a encore, à ma connaissance, été publié. Atlin est également un des rares endroits où l'excavateur (*steam shovel*) monté sur rails ait été employé avec succès.

Beaucoup plus au sud, sur la Fraser River, où le gravier est très dur et le courant très rapide (jusque 15 nœuds), des essais infructueux furent faits à Lytton et à Lilloet; plus récemment, à Yale, une drague néo-zélandaise a donné, dès le début des résultats très encourageants.

Il semble bien que pour le Klondike et l'Alaska comme pour la Colombie britannique, on n'avait pas au début suffisamment tenu compte des conditions locales si particulières. On s'est borné à adopter un type de drague qui avait donné satisfaction par ailleurs dans des conditions entièrement différentes : des échecs étaient inévitables. Peu à peu, on a remédié aux défauts que l'on constatait, et l'on arrive aujourd'hui à déterminer ce que doit être la drague pour un champ d'exploitation donné. Ainsi la pratique impose cette nécessité trop souvent méconnue

d'adopter un instrument d'exploitation spécialement étudié pour le genre de travail qu'il aura à faire.

Amérique du Sud.

Les essais de dragage ont été nombreux dans l'Amérique du Sud. Si beaucoup d'entre eux ont été infructueux, il faut en rechercher la cause dans l'insuffisance des études préparatoires ou des capitaux engagés et dans les fautes d'administration plus que dans une impossibilité réelle du dragage dans ces régions.
Deux contrées paraissent avoir récemment réussi à organiser à cet égard une industrie définitive : les Guyanes, d'une part (Guyanes française et anglaise), la Terre de Feu, d'autre part. Je traiterai avec quelques détails du dragage dans les Guyanes dans un chapitre ultérieur. Je ne m'en occuperai donc pas ici.

Terre de Feu. — La partie septentrionale de la Terre de Feu (région chilienne) et plus particulièrement le district du Rio del Oro ont été depuis deux ans l'objet d'un véritable « boom » des entreprises de dragage. Au début de 1907, deux dragues et trois excavateurs étaient en fonctionnement et sept autres dragues étaient en cours de montage. Le rendement d'une drague à godets de 5 pieds cubes (Rio del Oro) qui produisit près de 25 kg en six semaines est fort satisfaisant et l'on peut espérer pour ce nouveau pays producteur d'or un développement rapide si la spéculation ne fausse pas l'examen judicieux des conditions d'exploitation. Certains de nos collègues seront sans doute en mesure de préciser de façon très intéressante l'exposé sommaire auquel je me borne.

Autres États. — Des essais ont été entrepris en Bolivie, au Brésil, au Pérou, en Colombie et au Venezuela, presque toujours du reste avec la précipitation et le manque de préparation qui ont causé si souvent des désastres industriels dans ces pays neufs. Ces pays présentent cependant — et tout particulièrement la Colombie — de riches alluvions, et je crois volontiers que des études rationnelles et prudentes permettaient d'y établir l'industrie du dragage sur des bases solides et rémunératrices.

AFRIQUE OCCIDENTALE.

Côte d'Or anglaise. — Le dragage s'est développé rapidement dans cette colonie et, quoique cette industrie ne semble pas y réaliser intégralement les espérances brillantes que des prévisions très optimistes avaient fait concevoir, elle paraît cependant organisée désormais sur des bases stables et durables.

Les deux districts où les dragues sont en service sont le bassin de l'Ankobra et celui de l'Ofin.

Dans le premier, les « African Concessions Limited » possèdent trois dragues : une drague de prospection, une drague Lobnitz et une drague Werf Conrad. En 1906, la drague Lobnitz dépassa pendant quelques mois la production mensuelle de 400 ozs, soit 12 kg ; mais cet excellent rendement correspondait vraisemblablement à une zone exceptionnellement riche, car la moyenne ne s'est pas maintenue à ce chiffre, tant s'en faut.

Sur l'Ofin River, l'Ashanti Goldfields Auxiliary a installé successivement sept dragues dont les cinq plus récentes sont actuellement en service. La moyenne des rendements mensuels ne paraît pas dépasser une centaine d'onces (environ 2 1/2 kg) par drague.

Haute Guinée. — Je dois signaler l'exploitation de dragage entreprise sur le Tinkisso par une Société française qui possède deux dragues (*Pl. 154, fig. 3*).

ASIE.

Russie et Sibérie. — Le dragage s'est développé assez rapidement dans ces régions depuis environ cinq ans et, d'après les récents rapports officiels, le nombre de dragues doit être actuellement d'environ quarante. Les principaux districts de dragage sont l'Oural, la Sibérie Centrale (au nord d'Ieniseisk) et l'Amour.

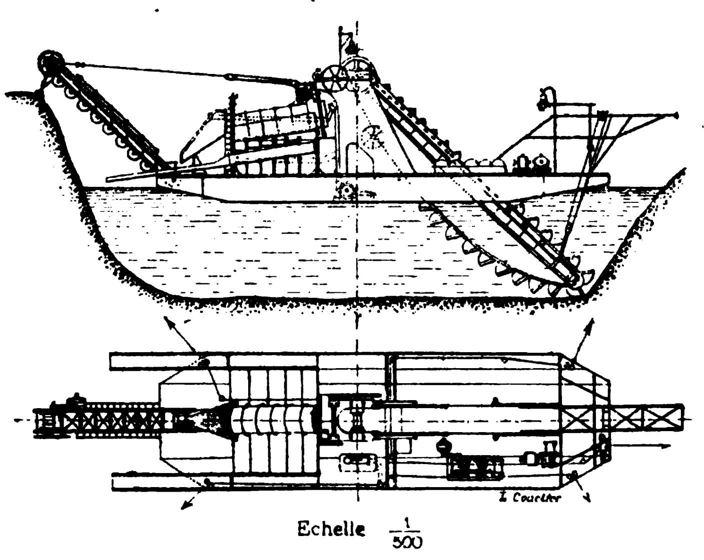
Certaines dragues ont donné des résultats excellents : on cite une drague de construction russe (chantiers Poutilov), appartenant à une Société de Moscou et en service dans l'Oural, qui en 1906 a produit 100 kg en 175 jours Une autre construite par Lobnitz et C°, appartenant à la Central Siberia Limited (district

d'Ieniseisk), a produit en deux mois 33 kg. La Société anuonce un prix de revient de 0,80 f environ au mètre cube, qui est évidemment favorable, mais sans spécifier si ce prix de revient comprend les frais généraux et l'amortissement.

Beaucoup de dragues au contraire, surtout parmi celles de construction russe, n'ont donné que des mauvais résultats, principalement en raison de leur construction trop légère. Mais l'expérience acquise permet de remédier à ce défaut — qui s'est manifesté au début dans tous les pays où l'on a entrepris le dragage — et tout fait espérer que le dragage en Sibérie est appelé à se développer.

Fig. 6. — DRAGUE WERF-CONRAD

à vapeur, transformée en drague électrique (Serbie)



Echelle $\frac{1}{500}$

Birmanie. — La Birmanie ne paraît pas avoir, sous le rapport du dragage, réalisé toutes les espérances qu'elle avait au début fait concevoir. Plusieurs dragues y sont cependant en marche, notamment trois appartenant à la Burmah Gold Dredging C° à Myitkyina (Haute Birmanie). Une autre, à godets de 10 pieds cubes, est à l'étude.

Presqu'île de Malacca. — Trois dragues ont été installées sur les concessions de « Duff Development C° (Kelantan) ».

Philippines. — Une drague à vapeur Risdon a été mise en marche dans les Philippines, mais les résultats n'ont pas, à ma connaissance, été publiés.

EUROPE.

Serbie. — Quatre dragues sont en service sur le Peck : ces dragues étaient à vapeur, mais ont été récemment transformées en dragues électriques : le courant nécessaire est produit dans une station centrale construite sur la mine de charbon, à une vingtaine de kilomètres du champ de dragage : la transmission se fait par triphasé à 15 000 volts.

Une drague à vapeur vient d'être montée sur le Timok.

IV

Exploitation des alluvions aurifères en Guyane.

I. — RICHESSE DE LA GUYANE.

La Guyane française, si peu et si mal connue dans la métropole, est exclusivement un pays d'exploitation minière, ou plus exactement d'exploitation aurifère. Les anciennes cultures : cannes à sucre, épices, roucou, etc., ont toutes été abandonnées lors de l'abolition de l'esclavage et, depuis plus d'un demi-siècle, la Guyane n'a vécu que de l'exploitation de l'or.

La richesse du sous-sol guyanais est prouvée éloquemment par les productions considérables réalisées par les indigènes, en dépit de l'insuffisance de population et bien que les gisements n'aient été exploités que très superficiellement par des procédés rustiques et imparfaits. La production de chacune des dernières années a varié de 3 000 à 4 500 kg soit de 9 à 13 millions de francs par an. C'est là un chiffre considérable pour une industrie aussi mal organisée et disposant de méthodes aussi défectueuses.

Les gisements alluvionnaires actuellement connus et étudiés en Guyane sont constitués par des alluvions récentes, encore non recouvertes et dont l'enrichissement a été provoqué par la désagrégation de filons aurifères situés dans le voisinage immédiat. C'est là la caractéristique des alluvions exploitées en

Guyane : le gisement est toujours très voisin du filon générateur et ce fait explique à la fois la nature du gisement et le caractère et la répartition de l'or qu'il contient.

Le bed rock est presque partout constitué par une argile compacte, provenant de la décomposition de la diorite. Cette argile, que les prospecteurs guyanais appellent « la glaise », est assez souvent imprégnée d'or dans sa partie supérieure. Sur cette glaise repose la couche de gravier formée par des fragments de quartz provenant des filons : c'est dans cette couche, et plus particulièrement au voisinage de son contact avec la glaise, que l'on rencontre le maximum d'enrichissement. L'or des placers est généralement très gros ; les pépites et les paillettes sont relativement fréquentes, et la forme anguleuse des pépites aussi bien que des fragments de quartz prouve de façon indiscutable qu'il n'y a pas eu de transport et que le gite générateur est très voisin. Ce fait est confirmé par les variations subites de richesse que l'on rencontre en exploitant l'alluvion suivant l'axe de la vallée : les zones d'enrichissement brusque correspondent au croisement des filons superficiels à or visible et haute teneur.

Au-dessus de la « couche », c'est-à-dire du gravier, repose parfois un sable fin et légèrement aurifère, et le tout est recouvert d'une couche d'humus et de terre arable.

Les cours d'eau guyanais ont en général une allure torrentielle dans la partie supérieure de leur cours : c'est cette partie que les gens du pays exploitent volontiers par petits groupes, (deux à six hommes) au moyen du long tom *(Pl. 154, fig. 7)*. Ces gisements sont étroits et peu profonds ; l'or y est fort gros, et concentré souvent en des « poches » de grande richesse et de petites dimensions. L'eau y est rare, sauf aux grandes pluies, et ces têtes de criques ne sont exploitables que pendant la moitié pluvieuse de l'année. Ce genre d'exploitation est essentiellement un travail d'orpailleur : il est quelquefois prodigieusement rémunérateur, mais ne peut jamais constituer une industrie régulière.

Un peu plus bas, la pente des vallées diminue en même temps que leur largeur augmente. C'est la zone que les Guyanais travaillent au sluice *(Pl. 154, fig. 8)*. Cet appareil, très rudimentaire, a été décrit très complètement par notre collègue M. Levat (1) et je n'insisterai ni sur sa construction très simple ni sur ses imperfections.

(1) D. Levat, *L'Industrie aurifère.*

Le travail au sluice exige de six à vingt hommes : aussi suppose-t-il plus de cohésion, plus d'organisation que le « bricolage » au long tom. La capacité de traitement est un peu plus grande que dans le long tom, où elle est en vérité très faible : cependant, la perte en or est fort grande, puisque certaines criques ont été repassées huit, dix et douze fois. Le sluice a été l'instrument de prédilection des Sociétés ou des entreprises qui exploitaient les alluvions à bras d'hommes : Saint-Élie, Enfin, Dieu-Merci, Couriège, Décision, etc. S'il est permis de regretter que dans l'espace d'un demi-siècle on n'ait pas cherché à améliorer sa construction rudimentaire, on ne peut cependant méconnaître qu'on lui doive les trois quarts au moins des 260 millions de francs d'or que la Guyane Française a produits (officiellement) depuis 1856.

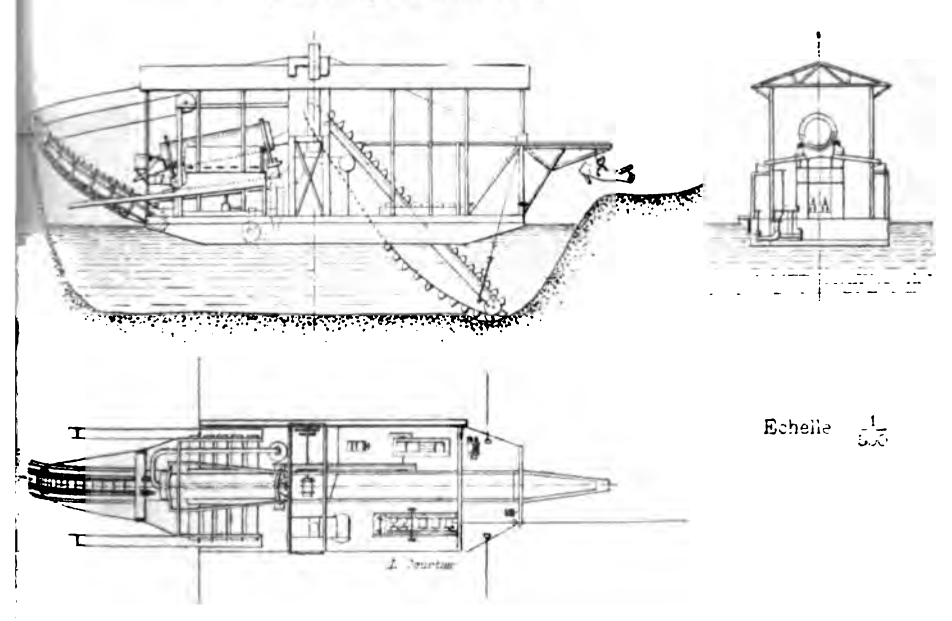
Enfin, à quelques centaines de mètres plus bas, les « criques » s'épanouissent en de vastes marécages, ayant de 200 à 500 m et plus de largeur, et où l'épaisseur de l'alluvion atteint de 4 à 6 m. Ces marécages sont fréquemment inondés lors de l'hivernage et même en saison sèche les venues d'eau y sont généralement trop considérables pour permettre l'exploitation au sluice. La teneur aurifère n'y atteint pas les chiffres exceptionnels des petites criques, mais elle y est beaucoup plus régulière et s'applique à un cube considérable. Les gisements de cette nature sont presque tous absolument vierges, mais c'est d'eux, de leur exploitation par dragage que dépend, à mon avis, l'avenir immédiat de l'industrie aurifère dans notre Colonie.

Le Dragage en Guyane.

Le succès du dragage en Nouvelle-Zélande, en Californie et ailleurs, devait logiquement inciter les Ingénieurs qui connaissaient la richesse alluvionnaire de la Guyane à rechercher les moyens d'exploiter mécaniquement les gisements Guyanais. Aussi les tentatives furent-elles assez nombreuses. En Guyane Anglaise, des essais eurent lieu sur le Barima, sur un terrain mal prospecté que l'exploitation prouva très pauvre. Des dragues furent ensuite mises en service à Omaï *(Pl. 154, fig. 4)* et sur le Konawaruk. En Guyane hollandaise, des dragues ont été montées sans succès sur le Granplacer (Sarakreek), et sur le Wittiwater; une drague américaine installée par la Saramacca C° était encore, lors

de mon dernier voyage, à la période de tâtonnements; enfin, un excavateur sur rails avait échoué sur le placer Américain du Maroni, mais cette dernière affaire a été récemment reconstituée. En Guyane Française, je dois citer les essais de M. A. Conrad, sur la crique Ipoucin, avec une petite drague à bras, munie d'une pompe à vapeur; ceux du Placer Sur-Saut (petite drague à vapeur); enfin les entreprises de notre Collègue M. Levat, sur le Courcibo et à Sparwine. La drague du Courcibo donna de très

Fig. 7. — DRAGUE ÉLYSÉE N° 2 (GUYANE FRANÇAISE)
à trommel et élévateur à godets
construite par Lobnitz and C



beaux rendements pendant quelques mois et produisit environ 35 kg d'or : elle fut malheureusement coulée une nuit par l'imprudence ou l'incurie du chef d'exploitation.

Au Placer Elysée, nous avons poursuivi depuis cinq ans la réalisation du dragage. La première drague construite était trop faible et ses dispositions mécaniques défectueuses. Il fallut, après plusieurs mois d'expériences, lui faire subir une transformation complète. Grâce aux importantes modifications qui lui furent apportées, cette drague dénommée « Élysée n° 1 » fonc-

tionne régulièrement depuis plusieurs mois avec d'excellents résultats, la production en marche régulière ayant dépassé 6 kg par mois, en dépit des faibles dimensions de l'instrument *(Pl. 154, fig. 5)*. Les godets ont une capacité de 2 pieds cubes (environ 54 l) et le classement de l'or se fait dans un sluice double, sans trommel ni cribleur.

Les nombreuses expériences faites avec la drague n° 1, et les observations recueillies depuis qu'elle fonctionne régulièrement, m'ont conduit, avec le concours de MM. Gérard Dufour et L. de La Marlière, à déterminer la spécification d'une drague beaucoup plus puissante, dénommée « Élysée n° 2 », et qui a été mise en marche avec plein succès à la fin de novembre 1907. Cette drague *(fig. 7)* et *(Pl. 154, fig. 6)*, construite par Lobnitz and C°, de Renfrew (Écosse), comporte des godets de 3 pieds cubes (80 l), un trommel dont les perforations vont de 6 à 15 mm, dix tables pour la récupération de l'or, garnies de tapis de fibres de coco, et un élévateur à godets. La chaudière est du type Babcok et Wilcox marin; la machine principale, horizontale et compound, fonctionne à condensation. La pompe centrifuge du type de 10 pouces, est commandée directement par une machine verticale compound. Le treuil, unique pour toutes les manœuvres de la drague, est du type Lobnitz à deux cylindres horizontaux. Cette drague très robuste permet de traiter sans peine de 500 à 700 m³ effectifs par journée de travail, en tenant compte de tous les arrêts nécessaires pour déplacement des câbles de papillonnage, enlèvement des troncs d'arbres, etc. Sa capacité est ainsi d'environ 15 000 m³ par mois ce qui donne un prix de revient approximatif de 1 f à 1,25 f au mètre cube, toutes dépenses comprises. Les résultats de la drague n° 1 nous ont prouvé que la teneur moyenne des marécages que nous exploitons actuellement est d'environ 3 f au mètre cube.

Ces résultats ont, du reste, prouvé l'exactitude de la prospection préalable que nous avions à dessein faite très minutieusement en employant les deux méthodes dont j'ai parlé plus haut : les puits de prospection de 3 à 4 m de côté, pratiqués avec ou sans boisage suivant la consistance du sol, et les sondages au moyen de l'appareil hollandais déjà décrit *(Pl. 154, fig. 9)*.

Conclusion.

Ces résultats sont venus confirmer péremptoirement et de façon éfinitive la possibilité du dragage dans la Guyane Française, omme industrie rationnelle et rémunératrice.

En réalité, les conditions locales sont pour la plupart très favoables : le bed rock y est partout, ou à peu près, composé d'are provenant de la décomposition de la diorite sous-jacente aise). Ce bed rock est facilement attaqué par les godets qui usent fort peu : c'est ce que j'ai pu constater après plusieurs ois de marche de notre drague n° 1. Le bed rock est seuleent quelque peu irrégulier de profil, mais il est facile de disoser les treuils de façon à en suivre facilement le contour. Les boulders » n'atteignent que très exceptionnellement des dimenons gênantes. Les souches et les troncs enterrés dans l'alluvion, dont on a fait souvent un véritable épouvantail, provoquent rtaines pertes de temps, mais ne nous ont jamais opposé d'obscles vraiment sérieux, même pour notre drague n° 1, qui n'a pendant pas, à beaucoup près, la puissance de notre récent pe.

Les transports ont paru au début constituer une impossibilité : n'en est rien, mais on ne peut nier qu'ils créent cependant es difficultés avec lesquelles il faut compter. Cela tient surtout u caractère primitif des moyens employés. Nous avons dû transorter en pirogues les 220 t de notre drague n° 2, fractionnés en us de 2 200 colis. Cela semble de prime abord un tour de rce : on en vient sûrement à bout, avec de l'organisation et l'expérience. Toute l'expédition s'est faite sur environ trois ois et sans aucun déchet, puisque les quelques pièces qui aient coulé ont toutes sans exception été repêchées.

Ces conditions sont, du reste, susceptibles de notables améliorations par l'emploi d'instruments un peu moins rudimentaires ue la pirogue.

Nous avons récemment obtenu de bons résultats avec notre haloupe à vapeur et notre canot à pétrole, remorquant des halands. La chaloupe remorquant cinq pirogues faisait aisément en deux jours et demi un parcours qui en demande six à dix à la pagaye.

Si l'on veut du reste bien considérer que les placers sont à une

distance de la côte variant de 50 à 200 km, on se rendra compte que le problème ne présente pas les difficultés gigantesques qui ont pourtant été résolues en Australie et au Transvaal.

La main-d'œuvre est médiocre; avec du doigté et de l'habitude on en obtient cependant un assez bon rendement. Elle est du moins abondante et, à défaut de ressources locales adéquates, les Antilles, surtout les Antilles Anglaises, en contiennent des réserves disponibles suffisantes pour tous les développements que l'on peut prévoir à l'industrie guyanaise.

Enfin les gisements sont d'une richesse que l'on n'est pas accoutumé de rencontrer dans les pays de dragage. Des teneurs de 3 f au mètre cube n'y sont pas rares : j'entends par là — et j'insiste — des teneurs de tout venant, comprenant la couche riche et le stérile, et s'appliquant à l'intégralité d'un marécage. C'est là la seule moyenne qui intéresse l'Ingénieur. On cite trop souvent des teneurs de 8, 10 f et davantage. Ces valeurs ne sont pas fausses, elles existent par places; mais elles sont illusoires et décevantes, car elles ne sauraient s'appliquer à la moyenne d'ensemble.

3 f le mètre cube, c'est le double de ce que l'on drague en Guyane Anglaise, c'est plus du triple des teneurs courantes de Californie. Si l'on rapproche cette constatation du fait que tous les grands marécages de Guyane sont vierges, on se fait une idée de l'essor que peut y prendre l'industrie du dragage, si le développement en est poursuivi méthodiquement et rationnellement.

Mais je ne saurais trop insister sur l'importance des premières études : des gisements riches ne peuvent présenter, en règle générale, la même régularité, ni la même étendue que des gisements plus pauvres; leur allure est plus capricieuse, leur caractère variable entre des points rapprochés. Si l'on veut éviter des revers désastreux pour l'exploitant, et déplorables pour le renom de la région, il importe de donner à la prospection toute l'extension possible. Un des principaux avantages du dragage — le principal même à mon avis — est cette facilité que l'on a de savoir d'avance avec précision la valeur du gisement. C'est folie de renoncer à cet avantage en écourtant la prospection par une impatience funeste ou une économie mal entendue.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA

RÉSISTANCE DE L'AIR

EXÉCUTÉES A LA TOUR EIFFEL

PAR

M. G. EIFFEL

Dans le cours de ces trois dernières années, j'ai fait à la Tour Eiffel des expériences sur la résistance de l'air. Je les ai exposées en détail dans une publication que j'ai offerte à la Société; la présente note en donne une analyse très succincte.

Le but poursuivi est l'étude de la résistance de l'air sur des surfaces de diverses formes qui se déplacent en ligne droite avec des vitesses comprises entre 18 et 40 m par seconde.

Ces recherches ont un intérêt pratique d'autant plus grand que des vitesses allant jusqu'à 40 m sont difficilement réalisables dans des essais de ce genre et, en fait, n'ont pas encore été obtenues. Les expérimentateurs ont surtout étudié les vitesses inférieures à 10 m. Ce sont cependant les vitesses supérieures à ce chiffre qui intéressent le plus la stabilité des constructions, la résistance opposée par l'air aux véhicules rapides, ainsi que la progression et la sustentation des aéroplanes.

Même pour les faibles vitesses, et malgré les nombreux expérimentateurs qui se sont attachés à résoudre ces questions, les résultats obtenus présentent parfois de grandes divergences : il suffit de rappeler que les valeurs données comme coefficients de la résistance de l'air varient entre 0,07 et 0,13. De tels écarts s'expliquent autant par la diversité des méthodes employées que par les difficultés que présente l'application de certaines d'entre elles, notamment celles qui utilisent les mouvements de rotation des manèges.

Il serait certes utile d'être définitivement fixé sur les faibles

vitesses, mais il est plus nécessaire encore d'avoir des résultats certains pour les grandes. Cependant les expériences qui les concernent n'existent pas, sauf quelques essais qui ont été faits à l'aide de trains de chemin de fer, mais dans d'assez mauvaises conditions d'exactitude, ou à l'aide de manèges, dans lesquels des tourbillons d'air trop violents faussaient les résultats. Comme la Tour Eiffel permet de réaliser facilement des mouvements *rectilignes* qui atteignent 40 m de vitesse par seconde, j'ai naturellement pensé à utiliser les conditions favorables qu'elle présentait et ce sont les expériences que j'y ai faites, avec le con-

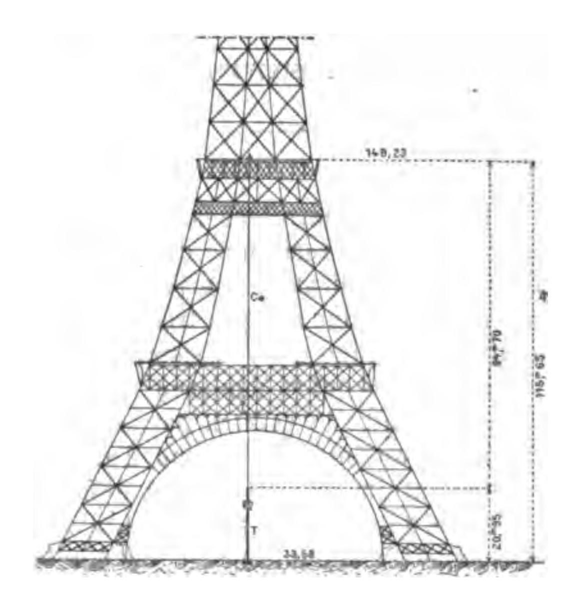


Fig. 1. — Installation à la Tour Eiffel.

cours de M. L. Rith, Ingénieur des Arts et Manufactures, mon collaborateur habituel, qui ont fait l'objet de cette étude.

Le principe des expériences est le suivant. Du second étage de la Tour, c'est-à-dire d'une hauteur de 116 m, on laissait tomber un mobile pesant 120 kg. Ce mobile comprenait à l'avant la surface à essayer, puis, renfermé dans une boîte cylindro-conique, l'ensemble délicat des organes de mesure; l'arrêter au voisinage du sol, sans y rien détériorer, constituait déjà un problème difficile. Dans ce but, l'appareil glissait le long d'un câble lisse et bien vertical C_a (*fig. 1 et 2*) qui, à 20 m au-dessus du sol, s'élargissait progressivement de 18 mm de diamètre à 42 mm,

déterminant ainsi l'ouverture de mâchoires réunies par de puissants ressorts R_a que portait l'appareil. Il en résultait, sous l'effort de 4000 kg des ressorts, un freinage énergique et parfaitement régulier, qui annulait, sur une longueur d'une dizaine de mètres, la vitesse de descente.

Pendant la chute, l'appareil (*fig. 2 et Pl. 155*) poussait devant lui la surface S en expérience, par l'intermédiaire de ressorts *r* soigneusement tarés et formant dynamomètre. Leur action étant antagoniste de la résistance de l'air sur la surface, on pouvait déduire cette résistance de leur allongement, c'est-à-dire du déplacement de la surface par rapport au reste de l'appareil. Ce déplacement était indiqué par un style relié à la surface et appuyant légèrement sur un cylindre vertical noirci C que portait l'appareil. Ce cylindre lui-même était mobile autour de son axe, et sa rotation était commandée par un galet G muni de très fines dentelures qui roulait le long du câble, sur lequel un ressort le serrait sans permettre le moindre glissement. Tournant ainsi proportionnellement à la hauteur de chute, le cylindre indiquait par son tracé, pour chaque valeur de cette hauteur, la tension des ressorts dynamométriques.

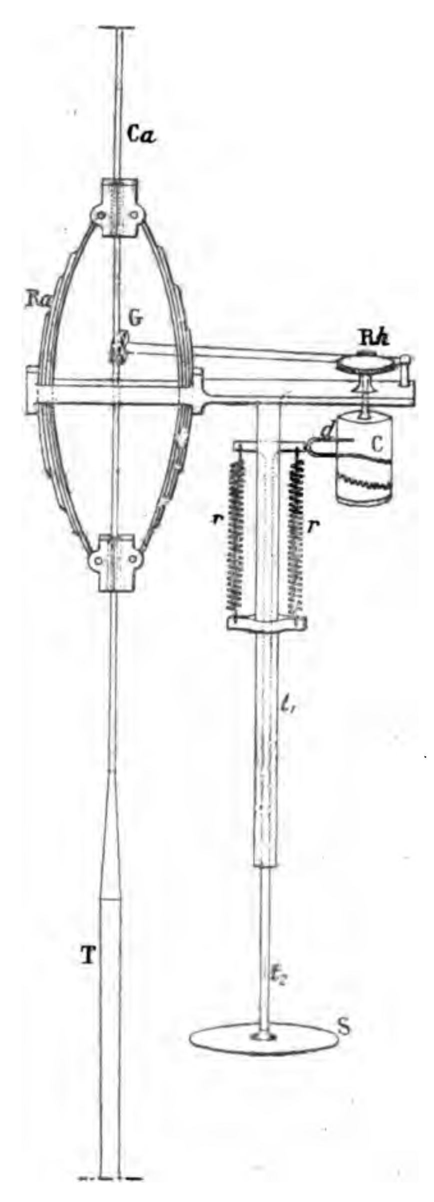


Fig. 2. — Schéma de l'appareil.

Mais ce qu'il fallait connaître, c'était la résistance de l'air

pour chaque valeur de la vitesse, et non pour chaque valeur de la hauteur de chute. Aussi, le style relié à la surface était-il porté par un diapason *d* faisant 100 vibrations par seconde, de sorte qu'il enregistrait non seulement la tension des ressorts et l'espace parcouru, mais encore le temps écoulé depuis le début de la chute. La courbe *(Pl. 155)* tracée sur le cylindre était donc une fine sinusoïde donnant à la fois l'espace parcouru, la durée de chute et la tension des ressorts. La vitesse se déduisait des deux premières quantités et la résistance de l'air de la troisième.

En réalité, la tension des ressorts ne mesurait pas directement la pression de l'air sur la plaque. Mais elle la faisait connaître au moyen d'une relation que le diagramme tracé sur le cylindre déterminait entièrement. Exprimons, en effet, que le produit de la masse $\frac{p}{g}$ de la plaque et de son support par l'accélération $\frac{d^2H}{dt^2}$ est égal aux forces qui agissent sur cet ensemble, c'est-à-dire au poids p augmenté de la tension f des ressorts et diminué de la résistance R de l'air. On a :

$$\frac{p}{g}\frac{d^2H}{dt^2} = p + f - R;$$

d'où

$$R = f + \frac{p}{g}\left(g - \frac{d^2H}{dt^2}\right).$$

Cette relation donne R, puisque le diagramme permet de déterminer H et f en fonction de t.

Mais le calcul du terme correctif où entre $\frac{d^2H}{dt^2}$, opéré à l'aide d'une double différentiation, aurait donné une approximation tout à fait insuffisante à moins d'opérations interminables. Nous l'avons remplacé par une méthode graphique d'une grande simplicité, et qui, en outre, a l'avantage de renseigner, dans chaque cas, sur l'approximation obtenue et sur la légitimité de la méthode employée. Nous ne pouvons nous étendre sur ce point qui exigerait d'assez longs développements.

Voici quelques indications sur les principales données numériques relatives à l'appareil. La hauteur de chute libre était 95,60 m. La surface du tambour tournait de 10 mm par mètre

de chute, soit d'un centième de la hauteur. Comme, d'autre part, le diapason faisait 100 vibrations par seconde, la vitesse en mètres était représentée, en principe, par le nombre de dixièmes de millimètre que mesuraient les projections horizontales des ondulations tracées sur le cylindre. On a employé cinq paires de ressorts de flexibilités différentes et sensiblement doubles l'une de l'autre; ils étaient fréquemment tarés, à l'aide d'une sorte de balance qui exerçait sur la plaque mise en place des pressions connues. L'appareil était suspendu, à son point de départ, sur un chevalet en fer placé au second étage, par l'intermédiaire d'une cordelette qu'on ne tranchait qu'en l'absence complète de vent. Dans des conditions favorables, on ne faisait guère que quatre à cinq expériences par jour; les personnes employées étaient au nombre de dix.

Les diagrammes qui présentaient toutes les garanties d'exactitude ont été seuls conservés. Leurs résultats ont été ramenés uniformément à ce qu'ils auraient été à la température de 15 degrés et à la pression atmosphérique de 760 mm.

Indiquons, à titre d'exemple, les résultats trouvés pour deux cercles dont les surfaces S mesuraient respectivement $\frac{1}{16}$ de mètre carré et $\frac{1}{2}$ mètre carré.

HAUTEUR de CHUTE	EXPÉRIENCE N° 1 Cercle de $\frac{1}{16}$ de m² (diamètre 0,282 m)			EXPÉRIENCE N° 32 Cercle de $\frac{1}{2}$ m² (diamètre 0,798 m)		
	Résistance de l'air R	Vitesse V	Rapport $\frac{R}{SV^2}$	Résistance de l'air R	Vitesse V	Rapport $\frac{R}{SV^2}$
m	kg	m		kg	m	
20	1,41	19,04	0,063	13,8	18,88	0,078
40	2,86	26,44	0,065	25,4	25,40	0,079
60	4,08	32,06	0,064	35,5	30,10	0,079
80	5,17	36,51	0,062	42,9	33,30	0,077
95	6,12	39,22	0,064	48,6	35,29	0,078
	Moyenne		0,064	Moyenne. . . .		0,078

On peut donc, d'après les chiffres de ce tableau, poser avec une grande approximation :

pour la petite plaque : $R = 0{,}064\,SV^2$,
et pour la grande — $R = 0{,}078\,SV^2$.

Toutes nos expériences ont conduit à des résultats analogues, et montrent qu'on peut adopter la formule de Newton :

$$R = KSV^2$$

dans laquelle K est constant pour une surface déterminée : c'est le *coefficient de résistance* ou la *résistance spécifique de la plaque*.

En réalité, nous avons trouvé que, dans la limite de nos mesures, c'est-à-dire entre 18 et 40 m, l'exposant de la vitesse paraît croître d'une façon continue, en passant par la valeur 2 pour une vitesse de 33 m ; mais il reste assez voisin de 2 pour qu'on puisse admettre, dans la pratique, la proportionnalité de la résistance au carré de la vitesse.

Nous n'avons pas trouvé pour les coefficients de résistance les valeurs élevées, atteignant 0,13, que certains expérimentateurs ont proposées et qui sont encore admises par de nombreux ingénieurs. Il nous semble acquis, après les expériences que nous avons répétées dans des conditions assez différentes et qui conduisent à des nombres sensiblement égaux, que la résistance spécifique est comprise entre 0,07 et 0,08, à la température de 15 degrés et à la pression de 760 mm. Cette dernière valeur paraît un maximum qu'atteignent seulement les plaques d'assez grande dimension. La moyenne des deux cents coefficients que nous avons obtenus pour toutes les plaques essayées et pour toutes les vitesses a été 0,074.

Le tableau suivant donne, sous une forme condensée, nos résultats numériques moyens pour les plaques normales au vent.

	PLAQUES				
	de $\frac{1}{16}$ de m²	de $\frac{1}{8}$ de m²	de $\frac{1}{4}$ de m²	de $\frac{1}{2}$ m²	de 1 m²
Cercle	0,068	0,071	0,074	0,077	»
Carré	0,070	0,072	0,075	0,077	0,079
Rectangle	»	0,073	0,075	»	»
Rectangle allongé . .	0,073	0,074	»	»	»

Ce tableau montre l'augmentation lente du coefficient avec la surface de la plaque et avec son périmètre. Ce dernier résultat, qui d'ailleurs devait être prévu, est nettement confirmé par l'essai d'une plaque découpée en forme de treillis (K = 0,068 au lieu de K = 0,075 pour la même plaque non découpée).

Deux plaques voisines latéralement ont une influence mutuelle très faible, mais cette influence paraît être considérable quand les plaques sont l'une devant l'autre : leur résistance totale pourrait même devenir notablement inférieure à celle d'une plaque isolée. Ces plaques, reliées l'une à l'autre de manière à former des cylindres verticaux pleins, ont conduit à des conclusions analogues.

La résistance de l'air est très réduite si la surface se termine l'avant par une pointe (coefficient d'un cône à 60 degrés : 0,015); le est sensiblement accrue si la surface est concave vers avant (coefficients des coupes hémisphériques concaves : 0,072 0,084 suivant le diamètre).

Les résultats des dièdres sont représentés par une courbe une grande régularité.

Les plans inclinés ont donné, comme on pouvait s'y attendre, résistance plus grande que les dièdres. Cette résistance P_i, essairement normale au plan, croît d'abord proportionellement à l'angle i que forme la perpendiculaire au plan avec la direction du mouvement; à partir de 30 degrés jusqu'à 90 degrés, elle peut être, sans erreur sensible, prise égale à la résistance P_{90} qu'offre le plan normal au vent, ce qui conduit à une formule pratique très simple : $\frac{P_i}{P_{90}} = \frac{i^\circ}{30}$ pour < 30 degrés, et au delà $P_i = P_{90}$. Ces expériences, effectuées avec des plans carrés de 0,50 m placés symétriquement pour contre-balancer les efforts horizontaux, ont présenté certaines difficultés, mais leur accord nous paraît une garantie de leur exactitude.

Les écarts entre les divers coefficients donnés par une même plaque paraîtront avoir quelque importance, si on les compare aux résultats d'autres mesures physiques : ils sembleront faibles, au contraire, si on considère les valeurs trouvées sur le même sujet par la généralité des expérimentateurs, même les plus habiles, tels que Langley. Cette concordance, ainsi que le soin que nous avons eu d'employer des mouvements rectilignes et d'éviter, autant que possible, dans l'expérience et dans le calcul, les

causes d'erreurs systématiques et les hypothèses particulières, nous font espérer qu'on accordera quelque confiance à nos résultats. Notamment, pour les plaques normales au vent, on doit définitivement abandonner le coefficient de 0,12 que l'on trouve dans les ouvrages classiques pour adopter en règle générale celui de 0,08.

Quant aux plans obliques pour lesquels je n'ai examiné que la plaque carrée de 0,50 m de côté, leur étude a besoin d'être complétée pour donner des résultats définitifs généraux. Je me propose de reprendre des expériences à ce sujet à l'aide d'un appareil tout différent, par lequel j'espère déterminer non seulement la résultante sur des surfaces très diverses, mais encore son point d'application, sur la position duquel règne la plus grande incertitude.

CHRONIQUE

N° 338.

Sommaire. — Un nouveau tunnel sous la Tamise. — Le pont de Manhattan à New-York. — Les débuts de l'automobile. — La question de l'azote *(suite et fin)*. — M. Forney. — Les réserves de minerai de fer.

Un nouveau tunnel sous la Tamise. — Le lit de la Tamise dans l'étendue du comté de Londres est traversé par treize tunnels dont les dimensions principales sont données dans le tableau ci-dessous.

On sait que le premier tunnel, commencé en 1795 et dont Trevithick conduisit quelque temps les travaux, après avoir été abandonné, fut repris en 1825, par Brunel, et achevé en 1842. Il est formé de deux passages séparés par une cloison percée de nombreuses ouvertures et a une section rectangulaire. Etabli pour la circulation des piétons, il reçut, en 1865, les voies du East London Railway.

Il s'écoula vingt-six années avant qu'on ait fait un second tunnel; en effet, ce fut en 1869 qu'on établit un petit passage de 2,18 m de diamètre près de la Tour de Londres; ce fut le premier entièrement construit en fonte. Après une période de dix-huit ans, la City and South London Company fit un tunnel double près du pont de Londres et ces tunnels furent suivis par six autres, tous pour chemins de fer. Le tunnel de Blackwall, pour route, fut ouvert en 1897, et celui de Greenwich pour piétons, en 1902.

Le nouveau tunnel est établi en vue des considérations suivantes. Bien qu'on ait depuis vingt ans établi quatre nouvelles traversées de la Tamise, savoir : le pont de la Tour, les tunnels de Greenwich et de Blackwall et le ferry de Woolwich, les habitants de la partie de Londres à l'ouest de la Cité sont encore moins favorisés que ceux de la partie est, au point de vue de la facilité des communications entre les deux rives du fleuve. Une distance de plus de 8 km sépare le pont de la Tour du tunnel de Blackwall.

L'établissement d'un passage intermédiaire était rendu très difficile par la présence de docks sur les deux rives et le seul emplacement qu'il fût possible d'adopter était entre Shadwell au nord et Rotherhithe au sud, en adoptant une direction oblique par rapport à l'axe du fleuve pour passer à l'est de l'entrée des London and India Docks et à l'ouest de celle des Surrey Commercial Docks.

Ce passage fournira un moyen commode de communication pour les charrois et les piétons, entre les importants quartiers industriels dont Stepney d'un côté, et Rotherhithe de l'autre, forment les centres. Il ramènera à 2 km environ la distance entre ces deux points qui est ac-

tuellement, en passant par le pont de la Tour et des rues très encombrées, de pas moins de 4,8 km. De plus, les travaux entrepris pour les abords du nouveau tunnel ont permis, en entrainant la démolition de divers immeubles presque tous vieux et délabrés, de créer des nouvelles rues au grand profit de la circulation. Le London County Council s'est préoccupé de la situation des habitants qui occupaient ces pauvres constructions, et on a créé en leur faveur trois groupes de maisons ouvrières pouvant recevoir 2 640 personnes.

Le nouveau tunnel part, sur la rive méridionale de la Tamise, de Lower Road par une tranchée ouverte de 285 m de longueur qui aboutit à une galerie de 165 m, se terminant au puits n° 1, point auquel la chaussée est à 13,40 m au-dessous du niveau du sol. C'est ici que commence le tunnel formé par une enveloppe en fonte et creusé au bouclier. Le puits n° 2 se trouve au bord du fleuve; une distance de 271,50 m sépare les puits 1 et 2. La partie sous-fluviale du tunnel est entre les puits 2 et 3 : elle a 468,18 m de longueur et est sensiblement de niveau; c'est au puits n° 2 que le tunnel est à la plus grande profondeur, la chaussée étant à 22,87 m au-dessous du niveau du sol.

Du puits n° 3, le tunnel se dirige avec une inclinaison de 28 0/00 vers le puits n° 4, distant de 352,17 m en décrivant une courbe de 244 m de rayon; il se trouve, dans la plus grande partie de cette distance, sous des constructions.

La longueur totale de la partie métallique est de 1 092 m; la longueur totale du tunnel et de ses approches est de 2 099,30 m.

La partie métallique a un diamètre extérieur de 9,15 m et un diamètre à l'intérieur du revêtement de 8,24 m. L'épaisseur des parois est de 50,8 mm dans la partie sous l'eau et de 45 mm dans les autres. Les anneaux ont 0,762 m de hauteur et sont formés de 16 segments pleins plus un formant clé de serrage. L'assemblage se fait par 164 boulons de 37 mm de diamètre pour chaque anneau. Les trous pour l'assemblage des anneaux sont répartis également sur la circonférence. de façon qu'on puisse placer les anneaux adjacents dans une position quelconque.

Les anneaux épais pèsent 18 800 kg et les anneaux de moindre épaisseur 16 650 kg. On a ménagé entre les brides un espace de 50 × 6 mm pour recevoir un fil de plomb formant joint par son écrasement par le serrage du joint. Les parties en contact des anneaux et des segments sont d'ailleurs rabotées. Une fois le revêtement en fonte monté, on le garnit à l'intérieur d'une couche de béton qui sera recouvert de briques émaillées.

La chaussée dans le tunnel repose sur une voûte en briques établie à la partie inférieure et laissant un passage en dessous servant à contenir les conduites d'eau et les conducteurs électriques. L'écoulement des eaux de la chaussée se fait par des tuyaux placés de chaque côté et aboutissant au puits n° 2, d'où l'eau est élevée à la surface. La chaussée de 4,88 m de largeur est pavée en blocs de granit sur les parties inclinées de 2,77 0/0 et en asphalte comprimé sur les parties de niveau. La chaussée est bordée de chaque côté par un trottoir de 1,435 m de largeur dallé en pierre. Il reste 5,64 m de hauteur entre la voûte et le niveau de la chaussée.

	DÉSIGNATION	EMPLACEMENT	NOMBRE de tubes	DIAMÈTRE	DATE d'achèvement
1	Thames Tunnel, chemin de fer.	Rotherhithe Wapping	1 (1)	Rectang,	1842
2	Tower Subway, piétons	Aval du pont de Londres.	1	2,18	1869
3	City and South London, chemin de fer . . .	Amont du pont de Londres	2	3,32	1887
4	Blackwall Tunnel, route.	Blackwall	1	8,24	1896
5	City and South London, chemin de fer . . .	Aval du pont de Londres.	2	3,76	1898
6	Waterloo and City, chemin de fer	Amont du pont de Blackfriars	2	4,15	1898
7	Greenwich Tunnel, piétons.	Greenwich	1	3,89	1901
8	Baker Street and Waterloo, chemin de fer. .	Amont du pont de Charing Cross. . .	2	3,91	1902
9	Rotherhithe Tunnel, route	Rotherhithe Ratcliff	1	9,15	1908

(1) La section du Thames Tunnel a 11,44 m de largeur sur 6,78 m de hauteur à l'extérieur de la maçonnerie de briques.

Les galeries qui précèdent le tunnel métallique sont de forme circulaire et faites de cinq anneaux de briques revêtus de béton avec une couche d'asphalte sur la maçonnerie de briques.

Nous avons vu qu'il y a deux puits sur chaque rive du fleuve. Ces puits sont circulaires de 14,53 m de diamètre intérieur; ils sont élevés sur un caisson de 18,30 m de diamètre, formé de deux enveloppes entretoisées ensemble et portant des ouvertures de 9,75 m pour déboucher dans le tunnel. A une hauteur de 3,95 m au-dessus du tranchant est établi un plancher métallique étanche. Les ouvertures correspondantes au tunnel sont pendant le fonçage fermées par des cloisons étanches en bois.

Le fonçage s'opérant à l'air comprimé, les caissons sont surmontés d'écluses à air et de tubes pour l'extraction des déblais par des wagonnets.

L'excavation pour le tunnel s'est faite au moyen d'un bouclier de 9,35 m de diamètre et de 5,50 m d'épaisseur dans le sens horizontal formé de segments en acier coulé, boulonnés ensemble, armé d'un éperon constitué par trois tôles d'acier superposées, de 19 mm d'épaisseur. La face du bouclier est divisée par des cloisons verticales et horizontales en seize compartiments. Sur les cloisons verticales sont fixés des vérins hydrauliques pour maintenir les madriers contre la pression du terrain. Il y a 40 vérins dont les pistons ont 0,22 m de diamètre et 1,067 m de course; l'ensemble de ces vérins peut exercer une pression de 5000 t. On a employé deux boucliers: celui dont nous venons de parler pour la partie nord du tunnel; pour la partie sud, on s'est servi d'un bouclier semblable, mais plus court dans le sens de la longueur, à cause de la courbure que présente le tunnel en direction dans cette partie. Derrière chaque bouclier se trouve, avançant avec lui, une plate-forme portant les pompes, les auges à mortier et tout ce qui est nécessaire au travail, ainsi que les échafaudages pour les ouvriers faisant le montage et le calfatage du revêtement métallique.

Le premier caisson, celui du puits n° 3, a été descendu en octobre 1904; on n'a pu commencer le fonçage à l'air comprimé qu'à la fin de mai 1905; on a éprouvé d'assez grandes difficultés. Les puits n°s 1 et 4, au contraire, ont été foncés facilement et sans l'emploi d'air comprimé. Le puits n° 4 a exigé cet emploi, mais sous une pression de 1,4 kg seulement. Il a été terminé en juillet 1906.

Dès que le puits n° 3 a été foncé, on a installé le bouclier et commencé l'avancement à l'air comprimé. On a éprouvé quelques difficultés par suite de la rencontre d'un lit de roche; il a fallu six mois pour percer la moitié de la longueur; la seconde moitié a été faite en trois mois et le bouclier arrivait au puits n° 2 le 21 novembre 1906. L'avancement pour la longueur totale s'est fait à raison de 12,20 m par semaine, en moyenne, avec un maximum de 19,06 m. On espère que les travaux seront entièrement achevés pour le milieu de 1908. Le coût est estimé à 55 millions de francs. On trouvera, dans l'*Engineering News* du 19 décembre 1907, une description complète avec dessins de cet important travail.

Le pont de Manhattan, à New-York. — Nous avons dit quelques mots, dans la Chronique de janvier 1904, page 116, d'un pont projeté sur l'East River pour relier la ville de New-York proprement dite à Brooklyn et qui devait recevoir le nom de pont de Manhattan. Cet ouvrage était situé entre les ponts de Brooklyn et de Williamsburg et on venait d'en commencer les fondations.

Nous rappellerons que ce pont, du système suspendu, comporte une travée centrale de 448,35 m et deux travées de rives de 221,12. La largeur du tablier est de 36,60 m, alors que celle du pont de Brooklyn n'est que de 25,90 m.

Il est intéressant de faire remarquer que, si la portée de la travée centrale est inférieure à celles du pont du Forth de 42,75 m, la charge à laquelle le pont de Manhattan sera soumise est bien supérieure, puisqu'il portera huit voies de chemins de fer, plus une chaussée pour voitures et deux trottoirs pour piétons, tandis que le pont du Forth ne porte en tout que deux voies de chemins de fer ; on peut donc regarder le nouveau pont sur l'East River comme le plus chargé et le plus résistant ouvrage de ce genre.

La suspension s'opérera au moyen de quatre câbles principaux de 55 m de diamètre, formés chacun de 9 472 fils d'acier galvanisé de 4,5 mm de diamètre. La longueur collective des fils des quatre câbles est de 37 191 km, soit, à peu de chose près, de quoi faire le tour de la terre. Ces fils ont une résistance à la rupture de 152 kg par millimètre carré. Les câbles n'auront qu'à travailler normalement à une charge de 35 pouvant aller exceptionnelle à 53 kg par millimètre carré.

Nous devons dire ici que lorsque le premier projet du pont de Manhattan fut élaboré, la suspension devait être faite au moyen de chaînes ; après de longues discussions sur les avantages et les inconvénients des deux systèmes, on résolut d'en venir à l'emploi des câbles qui comportent un poids de métal beaucoup moins considérable ; ces câbles ne pèsent en effet que 6 300 t et le poids total de la construction, y compris les ancrages, les tours, etc., doit être de 42 000 t.

Les fondations comportent deux culées formant massifs d'ancrage et deux piles en rivière. Les premières sont en maçonnerie avec parement de granit. Chaque câble se composant de 37 torons, il y a neuf barres d'ancrage dont huit reçoivent chacune quatre torons et la neuvième cinq torons. Ces barres ont une longueur de 33 m et vont se fixer à la partie inférieure sur une traverse, le tout noyé dans la maçonnerie ; chaque ancrage contient ainsi 5 990 m de ces barres.

Les piles en rivière ont été foncées à 28 m au-dessous du niveau moyen du fleuve ; elles ont 23,40 m dans le sens de la longueur du pont et 43,25 m dans le sens transversal. La partie supérieure de la pile se trouve à une hauteur de 37,50 m au-dessus de la base des fondations, c'est-à-dire du tranchant des caissons qui ont 16,80 m de hauteur. Sur la face supérieure de la pile se trouve un soubassement en tôle d'acier assemblée par rivets de 5,40 13 m et de 1,70 m de hauteur, sur lequel s'élèvent deux tours en charpente métallique. Il y a deux de ces tours par pile ; chacune est formée par deux jambes à section rectangulaire fortement entretoisées entre elles ; leur largeur dans le sens perpendicu-

laire à l'axe du pont est constante, soit 1,53 m, tandis que la dimension dans le sens de la longueur du pont varie de 9,60 à la base à 3,05 m au sommet. La partie supérieure recevra les selles en acier coulé sur lesquelles s'appuieront les câbles ; ces selles se trouveront à 98,36 m au-dessus du niveau moyen de l'East River. On a dû donner aux tours un poids considérable à cause de l'effort de flexion qu'elles auront à subir ; on calcule en effet que, si elles avaient pu être articulées à leur base, elles auraient pu peser environ 1 500 à 1 700 t de moins. L'effort qui s'exercera sur la base de chaque tour, avec le pont entièrement chargé, est évalué à 32 000 t.

Le tablier consiste en quatre poutres placées dans le plan des montants des tours ces poutres ont 7,30 m de hauteur ; l'écartement entre deux poutres est de 8,40 et il en existe un de 12,20 m entre les poutres intérieures de chaque paire. Les quatre voies de chemins de fer sont posées deux à la partie inférieure et deux à la partie supérieure des poutres.

Les deux trottoirs, dont chacun a 3,05 m de largeur, sont situés en dehors des poutres extérieures sur des consoles formant prolongement des pièces de pont supportant le plancher. La chaussée centrale pour les voitures qui a 10,50 m de largeur occupera le milieu du tablier à la partie inférieure de celui-ci.

On a employé, pour la confection des plates-bandes inférieures et supérieures des poutres de l'acier au nickel travaillant à 30 kg par millimètre carré.

Les rivets, également en acier au nickel, seront soumis à des efforts de 15 kg. On a trouvé que, malgré le prix élevé de cette matière, la réduction de poids que permettait son emploi le rendait plus économique que l'acier ordinaire.

Actuellement, on achève le montage des tours sur les piles ; on va commencer bientôt la construction sur place des câbles, opération qu'on pense devoir durer un an, et qu'on compte par conséquent finir au printemps de 1909. Dans ces conditions, le pont de Manhattan pourrait être achevé pour l'été de 1911.

Le *Scientific American*, auquel nous empruntons les renseignements qui précédent, estime que l'ouvrage dont il vient d'être question aura un aspect aussi esthétique que le pont de Brooklyn et contrastera heureusement sous ce rapport avec son autre voisin le port de Williamsburg dont ses constructeurs ont réussi à faire un des plus horribles ouvrages de ce genre qu'on puisse voir.

Les débuts de l'automobile. — Nous avons remarqué dans l'ouvrage magistral de M. A. Picard « le Bilan d'un siècle » tome II, page 298, le passage suivant : « Bientôt une voiture à vapeur construite en Angleterre par Marconi circula de Paris à Versailles et Saint-Germain (1835) ». Il était assurément curieux de voir un nom si intimement lié à la question toute moderne de la télégraphie sans fil se retrouver associé aux premiers essais pratiques de la locomotion à vapeur sur route et ce rapprochement n'a pas manqué d'être signalé.

Or il n'y avait là qu'une faute d'impression. M. Picard avait probablement écrit Maceroni, d'où le compositeur inattentif a fait Marconi.

Il s'agit en effet du colonel Maceroni, napolitain de naissance et ancien aide de camp du roi Murat, qui vint s'établir en Angleterre en 1815 et s'y occupa d'affaires industrielles et surtout d'inventions. Il eut des idées très remarquables dont il chercha à réaliser quelques-unes avec plus ou moins de succès. Nous citerons entre autres: l'emploi des cerfs-volants dans la marine, l'hélice propulsive, les navires à l'épreuve du boulet, les fusées de guerre, des perfectionnements dans l'artillerie, la filtration des liquides, les composés hydrofuges et ignifuges, le pavage en bois, etc. Maceroni, qui paraît avoir eu une imagination très vive et une remarquable puissance de travail, a rempli pendant plusieurs années les journaux techniques anglais de correspondances sur toute espèce de sujets, depuis l'uniformisation des pièces entrant dans la construction des machines et notamment des armes à feu jusqu'à la question de la naissance et de l'élevage des anguilles. Nous ne nous occuperons ici que des voitures à vapeur.

On voit généralement citer le nom de Maceroni parmi ceux des pionniers de la locomotion à vapeur sur routes, mais les auteurs ne vont ordinairement pas plus loin. M. Souvestre, dans son intéressante *Histoire de l'automobile* se borne à nous apprendre que les voitures que Marceroni *(sic)* fit circuler dans Londres présentaient cette particularité que l'aigle héraldique de France figurait sur les panneaux des caisses, en souvenir évidemment de l'empereur Napoléon.

Nous croyons intéressant de donner ici quelques renseignements que nous avons pu retrouver dans les journaux de l'époque, sinon sur la disposition de la voiture de Maceroni, tout au moins sur son fonctionnement.

On trouve dans le *Mechanic's Magazine*, un extrait d'une déposition du marquis de Tweedale devant une Commission de la Chambre des Communes. Le marquis dit qu'il a voyagé en janvier 1834, dans la voiture du colonel Maceroni entre Londres et Uxbridge, Harrow et autres localités. La voiture circula dans Oxford Street avec la même facilité que les véhicules ordinaires; en dehors de la ville la vitesse atteignit 24 km à l'heure; il n'y avait ni bruit ni fumée; la route était fraîchement rechargée.

En revenant d'Uxbridge, on arrêta au bas de la montée de Nottingham pour prendre de l'eau. Vint à passer une diligence d'Oxford attelée des plus beaux chevaux qu'on puisse voir; elle était chargée d'étudiants qui poussaient des cris de triomphe, tandis que le cocher lançait son attelage au triple galop. Le colonel Maceroni la suivit, la dépassa et la laissa hors de vue en quelques minutes. Beaucoup de personnes ont circulé dans la voiture du colonel et en font le plus grand éloge.

Dans une lettre insérée dans le *Mechanics' Magazine* de 1841, vol. XXXV, page 292, Maceroni dit que sa voiture fut envoyée en France à son insu pour être soumise à des essais par une Commission nommée par le Gouvernement français. Il donne l'extrait suivant de ce rapport signé du nom de Saigey.

« Nous avons vu que la voiture du colonel Maceroni dépense 270 kg de coke pour faire 9 lieues de poste de 2 000 toises chacune. On emploie environ 70 kg pour l'allumage ; restent 200 dont 20 pour les stationne-

ments. On peut donc estimer que la voiture brûle 20 kg par lieue, mettons 23, ce qui donne une dépense de 1 franc de coke par lieue au prix élevé à Paris de ce combustible. »

Le poids de la voiture du colonel Maceroni, chargée d'eau et de combustible est le suivant :

Voiture avec chaudière et machine	2 250 kg
Eau dans le réservoir et la chaudière.	400
Coke dans la soute et le foyer	100
Quinze personnes	1 050
Bagages des voyageurs.	250
TOTAL	4 050 kg

Cette voiture, construite en Angleterre pour les routes bien entretenues de ce pays, ne nous paraît pas suffisamment bien suspendue pour nos chaussées mal pavées, et, pour éviter des chocs trop violents, on a dû modérer considérablement la puissance. La vitesse moyenne sur la route de Versailles a été de 4 lieues à l'heure (15 600 m), mais sur la longue montée de Sèvres on a été à 5 lieues (19 500 m).

Le résultat de ces essais permet de dire que le problème de la locomotion à vapeur sur les routes est résolu. Toutes les personnes qui ont pu voir, comme la Commission, ce qui a été obtenu pendant des essais aussi prolongés et avec une seule voiture l'admettront facilement.

Quant aux réparations, nous ne pouvons rien dire de positif, si ce n'est que nous n'en avons pas constaté la nécessité. On peut dire ceci : sur la route de Paris à Bordeaux la plus belle et la mieux entretenue de France, les voitures attelées de chevaux coûtent 6 f par lieue à la vitesse de 2,3 lieues à l'heure, tandis que nous avons constaté que la voiture du colonel Maceroni ne dépense que 1 f par lieue. Nous supposons que les salaires d'un cocher et d'un conducteur doivent être sensiblement les mêmes que ceux du mécanicien et du chauffeur de la voiture à vapeur. »

Un franc par lieue représente 0,255 f par kilomètre; ce chiffre ne concerne que le combustible; mais s'il est exact, comme le dit la *France Automobile* dans son numéro du 15 février 1908, page 104, que la traction à vapeur revient encore aujourd'hui à 1 f par kilomètre de route, il reste entre ce chiffre et 0,255 f assez de marge à appliquer aux dépenses autres que le combustible pour qu'on puisse conclure que les voitures à vapeur d'il y a soixante-dix ans pouvaient soutenir sans trop de désavantage la comparaison avec les engins perfectionnés d'aujourd'hui.

Les temps n'étaient pas venus et Maceroni a succombé malgré ses succès éphémères, plusieurs de ses lettres montrent ses efforts infructueux pour constituer une Société par actions ou pour vendre ses patentes. C'est encore un nom à inscrire au martyrologe de l'invention.

La question de l'azote *(suite et fin)*. — Le procédé Eschweiler et Woltereck est basé sur un principe différent; on se sert de la tourbe pour fixer l'azote sous forme d'ammoniaque, en faisant passer sur cette tourbe chauffée à une température de 500 degrés centigrades de l'air et de la vapeur. On sait peu de choses sur les résultats pratiques donnés

par cette méthode ; une usine a été installée, en 1905, à Carnlough, en Irlande, pour exploiter ce procédé ; elle a coûté, dit-on, 750 000 f; elle devait produire 10 000 t de sulfate d'ammoniaque par an, mais ne paraît pas avoir jamais donné de résultats sérieux.

On pourrait encore dire beaucoup de choses intéressantes sur les efforts qui ont été faits pour fournir à l'agriculture des fertilisants azotés d'une valeur égale à celle du nitrate de soude, mais on en a assez dit pour montrer l'importance de la question. Avant de quitter le sujet de la fixation de l'azote par l'arc électrique, il est utile d'insister sur ce point qu'il est nécessaire d'être bien fixé sur les réactions qui se passent si on veut éviter des échecs coûteux.

Ainsi M. A. Neuburger, dans une savante étude, émet l'opinion qu'on n'est pas encore bien certain des réactions qui se passent en réalité; on ne sait pas si la combinaison de l'azote et de l'oxygène en présence d'une décharge électrique est un phénomène dû à l'électricité ou à la chaleur et en dehors de l'énorme quantité d'énergie employée dans cette méthode, elle a l'inconvénient de donner une proportion de plus de 50 0/0 d'acide nitreux, ce qui semble enlever beaucoup de chances de réussite au point de vue commercial.

Un procédé qui est très remarquable, en ce qu'il intéresse les industries qui emploient les fours à gaz ou à coke avec récupération des sous-produits est celui qui a été inventé en 1902, par le docteur Ostwald, ancien professeur à Leipzick et le docteur G. Brauer, et dans lequel l'ammoniaque provenant de la distillation de la houille est convertie directement en acide nitrique à 53 0/0, lequel acide est à son tour transformé, si on le désire, en nitrate d'ammoniaque.

Il est à remarquer que toutes les sources naturelles de composés azotés conduisent invariablement à des composés hydrogénés et jamais à des nitrates; pour obtenir ces derniers, il faut, ou fixer l'azote par voie électrique, ce qui constitue les méthodes dont nous nous sommes occupé précédemment, ou convertir l'ammoniaque en acide nitrique, procédé perfectionné par le docteur Ostwald et dont il va être question ci-après.

Dès 1842, Kuhlmann publia une étude sur les expériences faites en vue de convertir l'ammoniaque mêlée d'une certaine quantité d'air en acide nitrique au moyen de l'action catalytique de l'éponge de platine, et, depuis cette époque, cette réaction est régulièrement indiquée dans les cours de chimie, mais il ne paraît pas que, jusqu'ici, personne ait réussi à transporter ce procédé dans la pratique et à en tirer un résultat commercial. Il a fallu plusieurs années d'expérimentation au docteur Ostwald et à son gendre le docteur Brauer, de l'Université de Leipzick, pour obtenir que l'action catalytique du platine, de l'iridium, du rhodium, etc., sur l'ammoniaque à une température supérieure à 300 degrés donnat des résultats industriels.

Une des plus grandes difficultés éprouvées par les expérimentateurs était la tendance des gaz soumis à l'action catalytique de se transformer en azote et vapeur d'eau; c'est du reste un peu ce qui se passe avec le procédé Deacon où l'acide chlorhydrique oxydé par l'action des sels de cuivre donne du chlore et de l'eau; de même dans l'oxydation de l'acide sulfureux en présence du platine ou de l'oxyde de fer, pour la formation

d'acide sulfurique. Ces réactions peuvent être appelées des réactions finales.

Les composés d'acide nitrique, au contraire, ne sont pas des produits définitifs de l'action catalytique du platine sur l'ammoniaque, mais, en quelque sorte, des produits intermédiaires, et, les produits définitifs seraient l'azote et l'eau, dont il faut éviter la formation. Les recherches du docteur Ostwald et du docteur Brauer ont fait reconnaître qu'il était possible de séparer les deux réactions, l'intermédiaire et la finale en abrégeant la durée du contact de l'ammoniaque avec le platine; cette durée doit être réduite à une valeur extraordinairement faible, 1/500 de seconde; en d'autres termes l'ammoniaque doit passer sur le platine à la vitesse de l'air dans un ouragan. La surface de la matière qui exerce l'action catalytique pour une production de 90 kg d'acide nitrique pur par jour, n'a pas besoin de dépasser les dimensions d'une tasse à thé.

L'utilisation de l'ammoniaque, c'est-à-dire la proportion qui subit l'oxydation, dépend de la nature du contact.

La production d'acide dans les expériences de laboratoire a été complète, et, dans l'installation expérimentale, elle a atteint 92 0/0 du chiffre théorique, cette installation était faite pour fabriquer 225 kg d'acide par vingt-quatre heures. On perdait une notable quantité d'acide par suite de la disposition imparfaite des condenseurs, qu'on avait considéré comme un point accessoire. Dans les essais qui duraient plusieurs jours sans interruption, on obtenait 85 0/0 de la valeur théorique de l'ammoniaque dont on se servait.

Cette usine expérimentale avait été montée à Gorthe, près Bochum, en Westphalie, aux houillères « Lothringen » où existent des batteries de fours à coke produisant 300 000 à 400 000 tonnes par an, avec 400 fours à récupération.

L'installation, qui a coûté environ 40 000 f, produit environ 350 kg d'acide nitrique à 53 0/0 par jour. Les résultats ont été si satisfaisants que la Société qui exploite l'affaire a décidé de consacrer une somme de 800 000 f à 1 million pour faire une usine pouvant produire 5 000 kg d'acide par jour, soit environ 2 000 t par an; cet acide devra être utilisé pour la fabrication du nitrate d'ammoniaque. On emploiera environ la moitié de l'ammoniaque provenant des fours à coke. Si les résultats confirment ceux qui ont été déjà obtenus, on développera l'usine, comme le cas a été prévu.

Nous allons décrire la manière dont la méthode indiquée ci-dessus est réalisée pratiquement. Disons d'abord que les vapeurs ammoniacales n'ont pas besoin d'être épurées avant de passer sur les agents catalytiques, car les matières étrangères azotées telles que : aniline, pyridine, acide cyanhydrique, etc., sont transformées en acide nitrique, de même que les composés sulfureux le sont en acide sulfurique qu'il est facile de séparer ensuite de l'acide nitrique par simple distillation. L'ammoniaque qu'on emploie peut provenir d'une source quelconque, usines à gaz, fours à coke, détritus de ville, urine fermentée, etc.

L'appareil se compose d'abord d'un recipient dans lequel les vapeurs ammoniacales pénètrent par le bas, et sont additionnées d'air pénétrant par une ouverture latérale.

Le mélange vient en contact avec les appareils d'oxydation par action catalytique formés de tubes verticaux de 0,30 m de diamètre sur 3,60 m de hauteur; puis les vapeurs acides passent dans des tours de condensation de la disposition ordinaire contenant des briques inattaquables par les acides.

Comme on voit, la méthode est simple, facile à réaliser sans bruit, odeurs ou fumées, avec le minimum de main-d'œuvre et de surveillance et est susceptible de donner des avantages commerciaux importants comme on va le voir.

Voici quelques chiffres donnés par les inventeurs et résultant d'une pratique de cinq années sur une échelle déjà assez importante comme il a été indiqué ci-dessus :

100 t de houille produisent 2 t d'acide nitrique à 53 0/0 et cette même quantité de houille produit 750 kg de nitrate d'ammoniaque.

Coût de production de 1 t d'acide	100 » f
Prix de vente de 1 t d'acide.	350 »
Bénéfice par tonne	250 »
— — de houille carbonisée.	5 »
Coût de production de 1 t de nitrate d'ammoniaque pur	187,50
Prix de vente.	875 »
Bénéfice par tonne	687,50
— — de houille carbonisée	5,10

Si on compare ces chiffres avec les chiffres correspondants pour la fabrication du sulfate d'ammoniaque, on trouve un avantage de 2,50 f environ par tonne de houille carbonisée. Ces résultats ont été contrôlés avec le plus grand soin par la direction des Houillères Lothringen, avant de s'engager dans les importantes installations dont il a été question plus haut.

Il est utile d'ajouter qu'un des emplois des plus intéressants de l'acide nitrique est actuellement la fabrication de composés tels que la nitrobenzine, la nitro-naphtaline, etc., au moyen des hydrocarbures correspondants. Comme ces substances sont tirées des fours à coke en même temps que l'ammoniaque, il est possible d'éviter le transport de l'acide nitrique et de fabriquer directement ces composés dans les appareils comme on y fabrique l'acide nitrique.

N. Forney. — Mathias Nace Forney, mort le 17 janvier dernier, à New-York, avait joué un rôle important aux États-Unis, moins comme ingénieur, bien qu'il soit l'auteur d'œuvres intéressantes, que comme publiciste, car il exerça en cette qualité une influence considérable sur les questions de chemins de fer.

Forney était né, en 1835, à Hanover, en Pensylvanie, d'une famille dans une situation très modeste, aussi son instruction, faite à Baltimore, fut-elle assez élémentaire. En 1852, il entrait comme dessinateur chez Ross Wynans, constructeur à Baltimore, qui eut un rôle assez considérable dans le développement de la locomotive aux États-Unis. Forney acquit dans cette situation une connaissance approfondie de ce

genre de machines ; il passa ensuite aux ateliers du Baltimore Ohio R. R., puis dans ceux de l'Illinois Central, à Chicago. C'est alors qu'il étudia le type de locomotive qui fut désigné par son nom et qui reçut plus tard de larges applications. C'était une locomotive-tender avec deux essieux accouplés à l'avant et un bogie à l'arrière, sous la plate-forme et les caisses à eau. Ce genre de machines fut employé sur les lignes aériennes de Brooklyn et de Chicago, jusqu'à l'avènement de la traction électrique.

En 1870, Forney devint éditeur associé de la *Railroad Gazette*, chargé de la rédaction. Ce journal était publié à Chicago, mais, après l'incendie qui détruisit, en 1871, une partie de cette ville, le siège fut transporté à New-York. Forney en fit un organe des plus autorisés et s'en servit pour répandre ses idées sur les moyens de transport et leurs améliorations.

Ainsi, en 1875, il s'attacha à la question du transit rapide à New-York, où n'existait pas d'autres moyens de transport que les tramways à traction animale. Par son initiative, l'American Society of Civil Engineers nomma une Commission dont faisait partie Forney et notre Collègue M. O. Chanute, alors Ingénieur en chef de l'Erie R. R.

Cette Commission fit un rapport concluant qu'on pouvait arriver, par des moyens appropriés, à transporter 70 millions de voyageurs annuellement au moyen d'une dépense d'établissement ne dépassant pas 3 millions de francs par kilomètre de ligne. Ces chiffres furent accueillis avec la plus complète incrédulité, mais l'idée fit son chemin, grâce à la persévérance des promoteurs, et Forney put voir avant sa mort les Manhattan and Interborough Lines transporter par an, non pas 70 millions, mais 250 millions de voyageurs.

Un autre question dans laquelle Forney eut un rôle important, mais cette fois non comme promoteur, mais comme apposant, fut celle de la voie étroite. En 1870, Fairlie, pour propager son système de locomotives, fit une publicité considérable en faveur de la voie étroite, soutenu par des journaux très importants. Forney considérait l'emploi des écartements réduits comme une erreur, tout au moins aux États-Unis, où le coût relativement bas de la construction des chemins de fer ôtait à la voie étroite son plus grand, sinon son seul avantage. Il lutta donc avec énergie contre l'engouement qui s'était produit à un moment aux États-Unis et avait amené l'établissement de quelques lignes importantes à écartement réduit. Il remporta la victoire et on peut dire qu'aujourd'hui la voie étroite a pratiquement disparu dans l'Amérique du Nord.

Forney quitta en 1883 la *Railroad Gazette* et acheta, en 1886, un autre journal, l'*American Engineer and Railroad Journal*, dont il fit un organe de réelle valeur ; il en abandonna la direction en 1896 pour prendre un repos bien gagné. Il est l'auteur d'un ouvrage intitulé « Locomotive Catéchism », destiné aux mécaniciens, chauffeurs, employés de chemins de fer, étudiants, etc., paru en 1873 et qui eut un très grand succès. On lui doit encore quelques ouvrages moins importants.

Forney était un inventeur et ses travaux dans cet ordre d'idées se traduisirent par pas moins de trente-trois patentes, presque toutes relatives au matériel de chemins de fer. Deux seulement produisirent des

résultats palpables, la locomotive, bien qu'elle se soit surtout répandue, comme il arrive souvent, depuis l'expiration de la patente, et surtout, paraît-il, un siège pour voitures de tramways et chemins de fer.

Forney est mort d'une attaque de paralysie. Nous pouvons donner sur lui ce détail que, célibataire déterminé jusque-là, il s'était marié une année avant sa mort, c'est-à-dire à l'âge de soixante-douze ans.

C'était un homme modeste, de goûts simples et d'un désintéressement parfait, ne tenant ni à l'argent, ni à la renommée. Il était de rapports très agréables, comme nous avons pu en juger personnellement, quand il voulut bien, en 1891, publier dans son journal, l'*American Engineer*, la traduction de notre travail sur le « Développement de l'application du principe compound aux locomotives », paru en 1890 dans les Bulletins de notre Société.

Les réserves de minerais de fer. — La grosse question de l'approvisionnement du monde en minerais de fer a été traitée par M. Bennett H. Brough, dans la dernière réunion de l'*Association Britannique*, à Leicester.

L'auteur considère qu'il n'y a pas actuellement de problème qui présente autant d'importance en géologie appliquée que celui de la découverte de nouveaux gisements de minerais de fer. Chaque habitant du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Allemagne consomme annuellement 250 kg environ de fer, ce qui correspond à une production mondiale pour 1906 de 60 millions de tonnes, nécessitant l'emploi de 120 millions de tonnes de minerai.

D'année en année, la production et la consommation vont en augmentant et beaucoup des dépôts les plus puissants montrent déjà des signes d'épuisement. On arrive à se demander comment on satisfera, dans un avenir prochain, à des demandes toujours croissantes et il paraît intéressant de donner ici quelques renseignements statistiques qui permettront de répondre dans une certaine mesure à la question.

Le développement de l'industrie sidérurgique a été très considérable pendant la seconde moitié du dernier siècle. En 1864, M. J. K. Blackwell indiquait que la production dans le monde entier ne dépassait pas pour la fonte le total de 6 millions de tonnes, sur lequel le Royaume-Uni contribuait pour 50 0/0, la France pour 12,5, les États-Unis pour la même proportion et l'Allemagne pour 6 0/0.

En 1905, soit cinquante ans après, la production mondiale atteignait l'énorme chiffre de 56 millions de tonnes, soit presque dix fois le total de 1864, et sur ce total les États-Unis figuraient pour 42,7 0/0, l'Allemagne et le Luxembourg pour 20, le Royaume-Uni pour 17,6 et la France pour 5,5 0/0. On peut conclure de ces proportions qu'en cinquante ans la production de la fonte a passé aux États-Unis de 1 à 32, en Allemagne de 1 à 31, dans le Royaume-Uni de 1 à 3 et en France de 1 à 4,1.

Dans la Grande-Bretagne, le district le plus important pour la production de la fonte est celui de Cleveland, dans le nord du Yorkshire, qui a fourni, en 1905, les 41/100e de la production du royaume; après lui vient le Lincolnshire avec 14,8 0/0, le Northamptonshire avec 13,9 et le Leicestershire avec 4,7 0/0. Ces trois districts fournissent donc

33 0/0. Le reste est donné par le Cumberland, 8,6; le North Lancashire, 2,7; le Staffordshire, 6,1, et l'Écosse, 5,7 0/0.

Dans le Cleveland, on trouve le minerai de fer en couche de 3 m d'épaisseur dans le milieu du lias, il contient environ 30 0/0 de fer; on l'extrait par des travaux souterrains. Dans le Lincolnshire, le Northamptonshire et le Leiceistershire, le minerai brun se trouve dans le terrain oélithique inférieur; il contient 33 0/0 de fer en moyenne; on l'extrait généralement à ciel ouvert. Dans le Cumberland et le North Lancashire, on trouve l'hématite rouge en masses irrégulières dans le calcaire carbonifère. Il contient plus de 50 0/0 de fer; on l'extrait par des travaux souterrains. Les minerais du Staffordshire et d'Écosse sont généralement extraits de mines où on exploite aussi le charbon.

Tels sont sommairement les dépôts intérieurs d'où la Grande-Bretagne a obtenu en 1905, un total de 14 590 700 t de minerais de fer d'une valeur de 88 millions de francs. Mais cette production, quelque considérable qu'elle soit, n'a pas suffi aux besoins de l'industrie de fer et il a été importé 7 344 786 t de minerais étrangers. De cette importation, 78,5 0/0 provenant d'Espagne, 5,4 de Norvège, 4,2 de Grèce, 4 d'Algérie, 2,6 de France, 2,6 de Suède, 1,5 de Russie et de faibles quantités de Turquie, d'Allemagne, des îles du Pacifique, de Belgique, de Terre-Neuve, des Indes, d'Australie, d'Italie (Ile d'Elbe), du Portugal, de Perse, etc. On peut dire que le monde entier est mis à contribution pour alimenter les hauts fourneaux britanniques. Le port qui a reçu le plus de minerais est celui de Middlesbrough avec 1 789 630 t; Glasgow vient après avec 1 042 179 et Cardiff avec 865 462 t.

S'il paraît dans les probabilités que les gisements de minerais de fer de la Grande-Bretagne seront épuisés dans un siècle ou deux, il en sera de même dans d'autres pays. On est conduit à cette conclusion par les chiffres relatifs aux ressources du monde en minerais de fer recueillis par Tornebohm pour le parlement suédois, ces chiffres sont très intéressants, bien qu'on puisse leur reprocher d'être quelquefois basés sur de simples hypothèses.

Aux États-Unis, l'extraction en 1905 a dépassé le total de 42,5 millions de tonnes, le plus élevé relevé jusqu'ici. Ces minerais sont en général plus riches que ceux du Royaume-Uni, d'Allemagne et d'Espagne. La majeure partie provient de la région du Lac Supérieur où on trouve cinq couches dites Marquette, Monominee, Gogolic, Vermilion et Mesaba, couches de l'âge présilurien, qui ont fourni, depuis le début de l'exploitation régulière, plus de 300 millions de tonnes de minerai. La proportion de fer est en moyenne de 55 0/0; on avait précédemment du minerai à 60 0/0, mais il est aujourd'hui épuisé surtout par suite de méthodes d'exploitation ruineuses. Tornebohm estime à 1 100 millions de tonnes la quantité de minerai encore disponible aux États-Unis. Ce chiffre qui paraît énorme ne représente pas la consommation de 26 ans au taux de 1905.

En Allemagne et dans le Luxembourg, les deux tiers de la quantité totale de minerai consommé en 1902, soit 23,5 millions de tonnes proviennent des gisements de minette du terrain jurassique. La proportion de fer est d'environ 36 0/0, et il y a en outre 1,7 0/0 d'acide phospho-

que. A cause de cette proportion de phosphore, ces minerais ont été de peu de valeur jusqu'en 1879 où la méthode basique introduite par Thomas et Gilchrist a permis d'en tirer un bon parti. On peut estimer à un chiffre de 2200 millions la quantité de minerai de fer encore disponible en Allemagne ; ce chiffre représenterait la consommation de 95 ans au taux de 1905.

En Espagne, les dépôts les plus importants sont aux environs de Bilbao ; le minerai, qui est d'une grande pureté, se trouve dans les terrains de l'âge crétacé. Jusqu'ici le district de Bilbao a fourni environ 115 millions de tonnes de minerai et depuis déjà longtemps on a des opinions très pessimistes sur l'avenir de ce bassin. Ainsi, il y a une vingtaine d'années, on affirmait qu'en 1900, il n'y aurait plus du tout de minerai, ce qui n'a pas empêché que cette même année on en a expédié de Bilbao 5 millions de tonnes et Don Julio de Lazurtegui, autorité de premier ordre dans la question, estimait qu'il existait encore 57 millions de tonnes. Il est vrai que le minerai le plus riche, le rubio est actuellement épuisé et qu'il est remplacé par les hématites brunes et les minerais spathiques, ce qui exige de plus grands soins dans la calcination et le lavage pour répondre aux exigences du commerce. Tornebohm évalue à 500 millions de tonnes la quantité de minerais encore disponible en Espagne.

En Suède, on trouve dans le gneiss des dépôts de minerai magnétique d'une grande pureté qui servent à l'alimentation des hauts fourneaux au bois du pays et des minerais phosphoreux qu'on exploite pour l'exportation, à Grangesberg dans le centre de la Suède et, à l'intérieur du Cercle Arctique, à Gellivara, à Kiranavaara et Luossavara ; ces derniers sont assez abondants pour répondre à la demande qui va en croissant. Ces dépôts ont été décrits avec beaucoup de détails par le docteur Statzer dans un mémoire qui a été lu à la dernière réunion de l'*Iron and Steel Institute*. La Suède a exporté en 1905, un total de 3,5 millions de tonnes de minerai. On a découvert dans le nord de la Norvège des dépôts importants de même nature. On estime à 1 200 millions de tonnes l'importance des dépôts de minerais encore existant en Suède.

En France, les gisements les plus considérables sont les couches de minerais oolithiques du département de Meurthe-et-Moselle. En Russie, on obtient le fer principalement avec les minerais de la région de l'Oural qui sont, dans la partie orientale; sous forme de masses de minerai magnétique associées avec des roches ignées et, dans la partie occidentale, de minerais spathiques de nature stratifiée. La totalité de minerais disponibles en France est évaluée à 1 500 millions de tonnes et en Russie à peu près au même chiffre.

Les ressources des autres pays sont évaluées par Tornebohm à 1200 millions de tonnes. Si on compte le milliard de tonnes qu'on suppose exister dans la Grande-Bretagne, on arrive pour le monde entier à un total de 10 milliards de tonnes.

L'avenir de la sidérurgie britannique ne paraît donc pas trop sombre, car, si les riches minerais de Bilbao et de l'île d'Elbe paraissent s'épuiser rapidement, il y encore d'énormes quantités dans le nord de la Péninsule Scandinave, dans le sud de l'Espagne, en Algérie, au

Canada, à Cuba, au Brésil, au Venezuela, au Chili, dans l'Inde, en Chine (notamment dans le district de Shansi) en Australie et dans l'Afrique du Sud. Le coût élevé des transports est naturellement un facteur important, mais les considérables économies qui ont déjà été et seront encore apportées sur ce chapitre, en réduisent la gravité dans une large mesure. La demande pour la consommation intérieure doit être influencée par le développement du procédé au four à sole basique qui permet d'employer des minerais phosphoreux. Il est probable que ces minerais sont appelés à jouer un rôle important dans la fabrication de l'acier. Le développement de la concentration magnétique et la mise en briquettes des minerais pulvérulents faciliteront l'emploi des minerais pauvres, et l'application du four électrique rendrait possible l'utilisation des sables noirs et autres minerais titanifères qui se rencontrent en abondance, mais qui ne peuvent jusqu'à présent être avantageusement traités dans les hauts fourneaux.

Il n'y a donc pas lieu d'éprouver des inquiétudes pour un avenir rapproché en présence de l'abondance de minerais d'une pureté moins grande et dont l'utilisation ne peut manquer de se développer. Nous extrayons ce qui précède du *Journal of the Society of Arts.*

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1907.

Rapport de M. GRUNER sur l'**International Correspondance School de Scranton** et l'**École spéciale des Travaux publics de Paris.**

Nous avons eu occasion de parler (Chronique de janvier 1907, page 205) de l'enseignement par correspondance donné à l'École spéciale de Travaux publics, à Paris. Aux États-Unis, le même problème a été résolu par l'International Correspondance School, à Scranton. L'immense développement qu'a pris cette dernière institution est un phénomène très remarquable, mais facilement explicable en présence des conditions particulièrement favorables qui se présentent à une époque d'extrême mobilité, de constants et rapides déplacements et de modifications incessantes de situations sociales.

Rapport de M. BRÜLL sur les **clapets automatiques d'arrêt de vapeur des Établissements Laboulais.**

Ce système de clapet, dû à M. Bazin, Ingénieur-directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de l'Ouest, a pour objet d'éviter les inconvénients des types en usage. Il appartient à la classe des appareils qui se ferment par suite d'une dépression notable, soit à l'amont, soit à l'aval, et peut être ainsi installé sur la conduite générale de vapeur. L'organe essentiel n'est pas un clapet proprement dit, mais un piston qui glisse dans un tube et démasque de larges lumières disposées aux deux bouts de ce tube; ce piston se déplace presque sans frottement.

Ce clapet paraît bien fonctionner et commence à être utilisé par l'industrie. On a prévu l'addition d'un purgeur d'eau de condensation et d'un graisseur, accessoires dont la pratique fera probablement reconnaître la nécessité.

Épuration biologique des eaux d'égout, par M. Paul VINCEY.

Cette communication, très développée, étudie les expériences faites sur l'épuration, dite biologique, par fosses septiques et par lits artificiels,

percolateurs ou de filtration intermittente : 1° à Clichy, à la station expérimentale établie par M. Bezault ; 2° à la station expérimentale de l'Institut Pasteur, à Lille, par M. le Dr Calmette et ses collaborateurs. et 3° à Columbus (Ohio), par M. Johnson et ses nombreux agents techniques et scientifiques.

Il nous paraît intéressant de reproduire les conclusions de cet important travail.

1° Parmi les eaux d'égout soumises aux différentes épreuves d'épuration préalable, les plus souillées et très apparemment les plus difficiles à épurer sont celles de Paris et du Département de la Seine, traitées dans les champs d'épandage et la station expérimentale de Clichy; viennent ensuite les eaux résiduaires de Lille et enfin celles de Columbus ;

2° Pour l'élimination préliminaire des boues organiques et minérales, le travail mécanique, effectué par le dégrossisseur, composé de graviers. paraît ne le céder en rien aux résultats des fosses septiques ;

3° Le séjour plus ou moins prolongé de l'eau d'égout dans les fosses septiques ne correspond nullement a une augmentation de la matière organique dissoute dans l'effluent dégrossi ;

4° Dans les fosses septiques, si la gazéification d'une partie de la matière organique est attestée par le bouillonnement, les mauvaises odeurs et certaines mensurations volumétriques seulement, aucune constatation scientifique directe et certaine n'a permis encore d'en déterminer l'importance ;

5° Pour le dégrossissage des eaux d'égout, les fosses septiques paraissent surtout travailler mécaniquement, à la façon de simples bassins de décantation ;

6° Les fosses septiques doivent être pourvues d'aménagements commodes et économiques pour le dragage fréquemment répété. Il y a lieu de les compléter par des champs d'égouttage et d'enfouissement des boues de suffisante étendue ;

7° Pour l'élimination des nuisances de l'eau d'égout, l'épandage agricole l'emporte sur tous les autres procédés biologiques ; viennent ensuite l'épandage intensif sur terre nue et, bien après, la filtration rapide sur lits artificiels, de contact et de percolation ;

8° L'effluent d'épandage agricole et *a fortiori* ceux des autres procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout, doivent être rigoureusement proscrits de la consommation.

Pour toutes les installations de ce genre, il convient d'assurer la protection des nappes aquifères servant à l'alimentation publique ou privée.

Rapport de la **Commission de revision du Règlement.**

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous signalerons parmi ces notes les sujets suivants : L'art de l'Ingénieur dans ses rapports avec la chimie. — Leçon d'ouverture du cours de théorie générale à la Sorbonne. — Le soufre colloïdal. — Le

graphite comme lubrifiant. — Couleurs sur porcelaine. — Fusion électrique du verre. — Sur le nickelage. — Nouveau mode d'essai des aciers. — Naphtaline du gaz d'éclairage. — Les applications de l'alcool dénaturé. — Le formaldéhyde dans l'industrie sucrière. — Sur le camphre. — Membranes de collodion, etc.

Notes de mécanique.

Voici les questions traitées : Limites du rendement thermique des moteurs à combustion interne. — Influence de la composition du mélange gazeux sur le rendement thermique des moteurs à gaz. — Mesure des températures dans les cylindres des moteurs à gaz. — Types étalons d'outils pour le travail des métaux. — Méthodes d'essai de l'acier trempé et en particulier des billes.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1908.

District de Paris.

Reunion du 19 décembre 1907.

Communication de M. Chalon sur **des essais récemment effectués en Allemagne sur les explosifs de sûreté.**

Ces essais, faits à la galerie d'essai de Gelsenkirchen, ont porté sur trois classes d'explosifs dits de sûreté :

1° Le carbonite ;

2° Les explosifs au nitrate d'ammoniaque;

3° Les dynamites gélatines de sûreté.

On a constaté des résultats en contradiction formelle avec les données admises jusqu'à ce jour et en particulier avec celles de la station d'essais de Frameries. Les conclusions peuvent être formulées comme suit :

1° Tel explosif qui n'enflamme ni le grisou seul, ni les poussières charbonneuses seules, peu enflammer le grisou quand celui-ci est mélangé de poussières charbonneuses;

2° Inversement, tel explosif qui, sous la faible charge de 50 à 100 g, enflamme le grisou seul, peut ne donner aucune inflammation sous des charges de 400 à 500 g quand l'atmosphère grisouteuse contient en suspension des poussières charbonneuses.

Ces résultats paraissent un peu déconcertants, mais, si on tient compte des aléas présentés par l'expérimentation en galeries, on évitera d'en tirer des conclusions favorables et surtout définitives.

Communication de M. de la Condamine sur **les gisements pétrolifères du Wyoming.**

Ces gisements sont très nombreux, on en compte une vingtaine. L'huile qu'ils renferment est noire, d'odeur désagréable; son point d'inflammation est de 32 degrés et son point de combustion de 58 degrés; le poids spécifique est de 0,900, le pouvoir calorifique est de 10437 calories. Les puits paraissent être peu productifs, Ils donnent de 1 à 10 barils, soit 5 barils environ en moyenne par jour.

Il est indiqué que, dans une autre partie, on a atteint 100 à 150 barils par puits et par jour.

Communication complémentaire de M. le Dr Tissot sur **les appareils respiratoires.**

Comme suite à sa communication du 6 juin 1907, l'auteur étudie les conditions requises des hommes appelés à se servir des appareils respiratoires, des essais des appareils, de la mise en fonctionnement de ceux-ci, de leur manœuvre, de leur mode d'emploi, de leur vérification et de leur conservation.

Cette communication est suivie d'observations présentées par M. le Dr Guglielminetti, qui discute plusieurs assertions de M. Tissot. M. Paul Renaud relève également plusieurs points de la même communication.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *1er février 1908.*

Nouvelles locomotives du chemin de fer North-Eastern d'Angleterre, par Ch. S. Lake.

Calcul de la flexion transversale des pièces dont la matière ne suit pas la loi de Hook, par E. Meyer.

Travail pratique dans les écoles d'Ingénieurs, par F. van Medden.

Expériences sur un moteur Diesel à grande vitesse, par Chr. Eberle.

Turbine à vapeur Elektra, par H. Menth.

Groupe de Berlin. — Enseignement commercial.

Groupe de Siegen. — Considérations sur le commerce d'exportation de l'Allemagne.

Bibliographie. — Manuel de construction en béton armé, par Ad. Jöhrens.

Revue. — Expériences sur un moteur Diesel de 35 ch. — Wagon dynamométrique du Pensylvania R. R. — Navire à voiles à cinq mâts *Preussen.* — Production du fer aux États-Unis. — Surchauffeur Horsey-Vaughan pour locomotives.

N° 6. — *8 février 1908.*

Installations de service pour locomotives des chemins de fer des États-Unis, par Blum et Giese.

Rendement des compresseurs d'air, par W. Hellemann.

Turbine à vapeur Elektra, par H. Menth *(fin)*.

Le matériel de chemins de fer à l'Exposition de Milan en 1906, par Metzeltin *(fin)*.

Expériences sur des poutres en béton armé faites par C. Bach, par X. Bernhard.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Utilisation de la puissance hydraulique par l'établissement de barrages.

Revue. — Industrie de la fonte brute aux États-Unis. — Une turbine Francis utilisant une chute de 168 m.

N° 7. — *15 février 1908.*

Laboratoire d'essais des matériaux à l'École royale Technique supérieure, à Stuttgart, par C. Bach.

Expériences sur la vitesse d'inflammation des mélanges explosifs, par A. Mägel.

Installations de service pour locomotives sur les chemins de fer des États-Unis, par Blum et E. Giese *(suite)*.

Réglage des moteurs à gaz à deux temps du système Körting, par A. Willmer.

Outillage et division du travail, par Kammerer.

Groure de Bochum. — Le travail moderne des métaux.

Groupe de Cologne. — Définition de l'invention, d'après les dernières décisions du patentamt et du tribunal de l'Empire.

Bibliographie. — Étude sur le Métropolitain de Paris, ses installations intérieures, ce qu'elles sont et ce qu'elles devraient être, par J.-B. Thierry.

Revue. — Installations de chaudières avec foyer en contre-bas. — Les Écoles techniques supérieures en Allemagne dans le semestre d'hiver 1907-08. — Viaduc sur un bras de mer en Floride. — Chemin de fer à courant monophasé de Windsor à Ludmington, au Canada.

N° 8. — *22 février 1908.*

Grue flottante de 140 t construite par la Fabrique de machines de Duisburg, par W. Kaemmerer.

Jaugeage des gaz par étranglement, par A. O. Müller.

Installations de service pour locomotives sur les chemins de fer des États-Unis, par Blum et E. Giese *(fin)*.

Nouvelles machines de l'industrie textile, d'après les récentes expositions, par G. Rohn *(suite)*.

Retour rapide à vide pour machines-outils, par J. Grimme.

Déformation des ressorts à boudin animés d'un mouvement de rotation, par J. Zvonieck.

Groupe de Carlsruhe. — Nouvelles voitures à voyageurs des chemins de fer de l'État de Bade.

Bibliographie. — Ponts à trois articulations, par R. Färber. — Manuel de technologie chimique, de H. von Juptner. — Les ponts en béton armé, par C. Kersten. — Annuaire de l'industrie des automobiles et des bateaux à moteur, par G. Nenberg.

Revue. — Développement de la marine de guerre britannique. — Chemin de fer monorail de Bleichert et Cie. — Machine à raboter colossale construite par la Niles Bement Pond Cy.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION.

Dynamique appliquée, par Léon Lecornu, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École Polytechnique et à l'École Supérieure des Mines (1).

Voici un nouvel et excellent ouvrage de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie*, que publie l'*Encyclopédie scientifique*.

Après un rapide résumé des principales théories de la mécanique rationnelle, M. L. Lecornu étudie les propriétés générales des machines et les applique à divers exemples judicieusement choisis, tels que : dynamique et ressorts, indicateur de Watt, pendule dynamométrique, appareil Desdonits, pendule balistique, amortisseur du roulis de M. Crémieu, appareil à mesurer les balourds de M. Haffner, turbines à vapeur à axe flexible, etc. Dans la dernière partie, consacrée à la théorie des machines, il passe en revue la production et l'utilisation de la force vive, la régularisation du mouvement, les freins et la dynamique des transmission.

Ce qui fait le grand intérêt de ce livre, c'est l'esprit dans lequel les problèmes y sont abordés et développés. Entre les spéculations de la mécanique rationnelle, impuissantes à tenir compte des contingences, et l'empirisme regrettable d'une certaine mécanique technique, il y a place pour une mécanique appliquée où la théorie et l'observation s'allient et se pénètrent, de façon à satisfaire à la fois aux principes établis pour des *êtres de raison* et au contrôle souverain de l'expérience sur les mécanismes réels. Telle a été la méthode des Poncelet, des Saint-Venant, des Philippe et des Résal, ainsi que l'auteur le rappelle fort justement ; c'est à cette méthode si saine que lui-même apporte une remarquable contribution.

R. Soreau.

VIe SECTION

Dictionnaire illustré des termes techniques, en six langues, par K. Deinhardt et A. Schlomann. — Volume II. *Electrotechnique*, par C. Kinsbrunner (1).

Ce livre, à la rédaction duquel ont collaboré de nombreux spécialistes et maisons industrielles des différents pays, marque une nouvelle ten-

(1) In-18, 185 × 115 de x-534-xii p. avec 113 fig. Paris, Octave Doin, 8, place de l'Odéon, 1908. Prix, cartonné : 5 f.

(1) In-16, 175 × 100 de xii-2 100 p., avec près de 4 000 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1908. Prix, cartonné, 31,25 f.

tative des plus intéressantes pour résoudre le problème du dictionn technique.

La consultation de ce volume est facilitée par l'ordre méthodique classe les mots et expressions de même nature par chapitres spéciau surtout par une table générale des matières qui réunit dans un ordre alphabétique tous les mots français, allemands, anglais, itali et espagnols, les mots russes, cela se conçoit, formant un ordre al bétique spécial.

Pour le classement de l'énorme quantité d'expressions — il y plus de 14000 dans ce volume de 2100 pages — les auteurs ont sui courant électrique depuis sa génération jusqu'à ses applications les diverses en passant en revue les machines. appareils, instrume dispositions qui s'intercalent logiquement entre ces deux extrêmes.

Ce dictionnaire, agrémenté de près de 4 000 croquis, est appelé tainement à rendre de grands services à ceux, et ils sont légion, compulsent les publications et ouvrages techniques étrangers et à qui ont à correspondre avec des industriels étrangers.

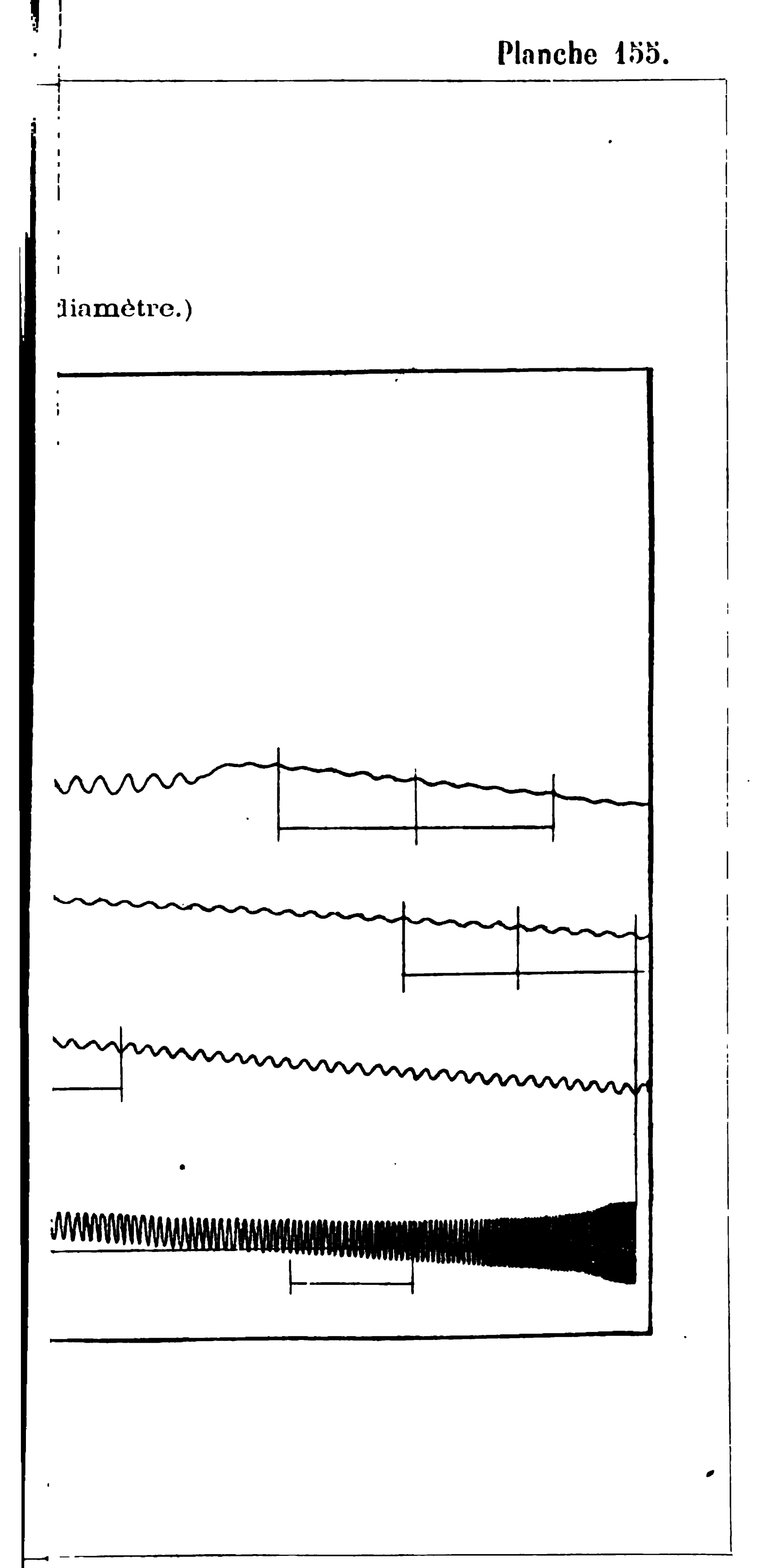
P. S

Le Secrétaire Administratif, Géra

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 5882-2-08. — (Encre Lorilleux)

Planche 155.



PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — 8206 4-08.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1908

N° 3.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mars 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

VINCEY (P.). — *Épuration biologique des eaux d'égout. Dégrossissage mécanique et fosses septiques. Champs d'épandage et lits artificiels*, par M. Paul Vincey (Extrait du Bulletin de Décembre 1907 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 280 × 225 de 64 p., avec 11 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45297

Chemins de fer et Tramways.

Carte schématique des chemins de fer Balkaniques et des lignes de jonction projetées pour relier le bassin du Danube à la mer Egée (Salonique) ou à l'Adriatique (une feuille 530 × 755). Paris, L. Courtier, Mars 1908. (Don de M. F. Mange, M. de la S.) 45338

Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1906 (Royaume de Belgique, Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes) (in-4°, 315 × 195 de A-193; B-24; C-34; D-12; xi pages, avec une carte). Bruxelles, Goemaere, 1907. 45306

Lévy-Lambert (A.). — *Chemins de fer à crémaillère*, par A. Lévy-Lambert (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas). Deuxième édition, revue et augmentée (in-8°, 255 × 165 de 479 p., avec 136 fig.). Paris, Gauthier-Villars. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45330

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1905. Documents principaux (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de VIII-595 p.). Melun, Imprimerie administrative. (Don du Ministère des Travaux publics.) 45307

Chimie.

Lunge (G.). Campagne (Em.) — *Analyse chimique industrielle.* Ouvrage publié sous la direction de G. Lunge, avec la collaboration d'un groupe de techniciens et de spécialistes. Traduit sur la cinquième édition allemande (1904-1906), par Em. Campagne. *Second volume. Industries organiques* (in-8°, 255 × 165 de 904 p., avec 118 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45317

Puget (P.). Peltereau (P.). — *Cuirs et peaux*, par Paul Puget. Préface par Placide Peltereau (Encyclopédie industrielle) (in-18, 180 × 110 de VIII-352 p., avec 113 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1908. (Don de l'éditeur.) 45326

Construction des Machines.

Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore, avente sede in Milano. Rendiconto dell' Esercizio del 1906. Anno sedicesimo (in-8° 260 × 180 de 74 p.). Milano, Tipo-lit. Rebeschini di Turati e C., 1907. 45337

Farman (M.). Maisonneuve (P.). — *Nouveau Manuel du Conducteur d'automobiles*, par Maurice Farman et Pierre Maisonneuve. (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 114) (in-8°, 225 × 155 de 217 p., avec 118 fig.). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 45327

Hubert (H.). — *Les Appareils pour la production de la force motrice à l'Exposition universelle et internationale de Liége en 1905*, par H. Hubert (Extrait du Livre d'or de l'Exposition universelle et internationale de 1905. Histoire complète de l'Exposition de Liége, par Gustave Drèze) (in-4°, 295 × 210 de 84 p., avec illust.) (Don de l'auteur.) 45298

Éclairage.

Berthier (A.). — *L'Éclairage électrique économique. Les nouveaux modes d'éclairage électrique, arc, incandescence, vapeur de mercure*, par A. Berthier (in-8°, 255 × 165 de 270 p., avec 105 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45324

BORIAS (E.). BORIAS (Ed.). FRÉCHOU (M.). — *Traité théorique et pratique de la fabrication du gaz et de ses divers emplois*, par E. Borias. Deuxième édition entièrement revue et mise à jour, par Edmond Borias et Marcel Fréchou (in-8°, 220 × 135 de 600 p., avec fig.). Paris et Liége, Ch. Béranger, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45304

Économie politique et sociale.

Bulletin de la Société d'Économie politique (Suite des Annales). Année 1907 (in-8°, 255 × 165 de 184 p.). Paris, Siège de la Société. chez M. Félix Alcan, 108, Boulevard Saint-Germain. 45322

VILLEFAIGNE (J.-G. de). — *Manuel pratique du Change des Monnaies étrangères. Billets de banque. Monnaies d'or et d'argent*, avec une liste bibliographique de traités spéciaux sur la matière parus en France et à l'étranger et l'indication des lois monétaires fondamentales pour chaque pays, par J.-G. de Villefaigne. Nouvelle édition (in-18, 185 × 115 de 218 p., avec 46 reproductions photogr.). Paris, Librairie de l'Enseignement Anté Scolaire, 1907. (Don de l'éditeur.) 45335

Électricité.

LAFFARGUE (J.). — *Manuel pratique du Monteur-Électricien.* Le Mécanicien-Chauffeur-Électricien. Montage et conduite des installations électriques. Cours d'Électricité industrielle pratique fait à la Fédération générale professionnelle des Chauffeurs-Mécaniciens-Électriciens de France et d'Algérie, par J. Laffargue. Dixième édition (in-8°, 180 × 130 de 1020 p., avec 692 fig.). Paris, Bernard Tignol, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45323

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Twenty-fourth Annual Report of the Director of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1902-3 (Department of the Interior. United States Geological Survey. Ch. D. Walcott Director) (in-8°, 295 × 190 de 302 p., avec xxv illust.) Washington, Government Printing Office, 1903. 45293

Twenty-fifth Annual Report of the Director of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1903-4 (Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott Director) (in-8°, 295 × 190 de 388 p., avec xxv illust. et 2 fig.). Washington, Government Printing Office, 1904. 45294

Twenty-sixth Annual Report of the Director of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1904-5 (Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott Director) (in-8°, 290 × 195 de 322 p., avec xxv illust. et 1 fig.). Washington, Government Printing Office, 1905. 45295

Twenty-seventh Annual Report of the Director of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1905-6 (Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott Director) (in-8°, 230 × 145 de 104 p., avec XXIV illust.). Washington, Government Printing Office, 1906. 45296

Législation.

American Society of Civil Engineers. Constitution and List of Members. February 10 th, 1908 (in-8°, 225 × 150 de 346 p.). New-York, House of the Society. 45332

Annuaire de l'Association technique maritime. Statuts. Règlements. Conseil. Liste des Membres. Mémoires publiés, 1908 (in-8°, 175 × 120 de 84 p.). Paris, 16, rue de l'Arcade. 45316

Coreil (F.) et Nicolas (L.). *Les Établissements insalubres. Établissements classés*, par François Coreil et Léon Nicolas (in-8°, 255 × 165 de VIII-778 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45325

Liste générale des Membres de la Société et des Associations affiliées, par ordre alphabétique et par départements, suivie d'un Répertoire de maisons recommandées (Bulletin de la Société des Agriculteurs de France, 5 Mars 1908) (in-8°, 245 × 160 de 333-58 pages). Paris, Hôtel de la Société, 8, rue d'Athènes, 1908. 45321

Société des Ingénieurs Civils de France. Annuaire de 1908. 61e année (in-8°, 240 × 160 de 505 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1908. 45309

The American Society of Mechanical Engineers. Year Book. January 1908. Edition 29 (in-8°, 230 × 150 de 228 p., avec phot.). New-York. Published by the American Society of Mechanical Engineers. 45334

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Arnodin (F.). — *Les voies navigables de France à propos du canal de Nantes à Bâle.* Rapport fait à la Chambre de Commerce d'Orléans et du Loiret, par F. Arnodin (in-8° 240 × 160 de 16 p., avec 1 carte). Orléans, Hôtel de la Chambre de Commerce, 1908). (Don de l'auteur, M. de la S.) 45302

Bates (L.-W.). — *Retrieval at Panama*, by London W. Bates, 1907 (in-8°, 235 × 150 de 554 p., avec nombreuses illust.). New-York, J.-F. Tapley C° Book Manufacturers. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45303

Decauville (P.). — *Protection des Dunes, Berges de Rivières et Canaux par le système Decauville, 1908* (une brochure 130 × 210 de 24 p., avec 8 grav.). Paris, Imprimerie M. Audouard. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45336

Statistique de la Navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1906 (in-4°, 305 × 235 de 412 p.) (Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation). Paris, Imprimerie nationale, 1907. (Don du Ministère des Travaux publics.) 45328

Périodiques divers.

Tables alphabétiques et analytiques du Journal officiel de la République Française. Année 1907 (in-4°, 325 × 240 de 70-2-20-11-42-24 p. à 3 col.). Paris, Imprimerie des Journaux officiels. 45311

Routes.

Annuaire des Agents Voyers, 1907. Soixante-deuxième édition. Personnel (Annales des Chemins vicinaux. 62e année. N° 1. Janvier 1907) (in-8°, 215 × 135 de 136 p.). Paris, Société anonyme des Publications périodiques de l'Imprimerie Paul Dupont. 45333

Annuaire des Agents Voyers, 1908. Soixante-troisième édition. Personnel. (Annales des Chemins vicinaux. 63e année. N° 1. Janvier 1908) (in-8°, 215 × 135 de 140 p.). Paris, Société anonyme des Publications périodiques de l'Imprimerie Paul Dupont. 45310

Sciences mathématiques.

Aubry (Ch.). — *Les murs de soutènement précédés des nouvelles méthodes de calcul de la poussée des terres basées sur la théorie de l'élasticité.* Professeur : M. Ch. Aubry (École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie. M. Léon Eyrolles, Ingénieur-Directeur) (in-8°, 220 × 170 de 180 p., avec 112 fig.). Paris, École Spéciale des Travaux publics, 1908. (Don de M. E. Eyrolles, M. de la S.) 45299

Blancarnoux (P.). — *Initiation géométrique en 12 causeries inédites à la portée de tout le monde*, par Paul Blancarnoux (L'art d'apprendre à tout âge. Petite Encyclopédie de vulgarisation scientifique) (in-18, 170 × 110 de 76 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45318

Dwelshauvers-Dery (V.). — *Deuxième lettre de M. le Professeur émérite V. Dwelshauvers-Dery à Messieurs les Élèves de l'École des Mines de Liège, au sujet de l'ouvrage de M. Gustave Le Bon, intitulé : L'Évolution des Forces* (Extrait du Bulletin scientifique de l'Association des Élèves des Écoles spéciales) (in-8° 225 × 145 de 39 p.). Liège, H. Vaillant Carmanne, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45331

Sciences morales. — Divers.

École speciale d'architecture. Obsèques du Directeur Émile Trélat. 2 novembre 1907 (in-8°. 240 × 155 de 31 p.). Paris, Grande Imprimerie de Montrouge. (Don de l'École spéciale d'Architecture.) 45308

Technologie générale.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution. schowing the operations expenditures, and condition of the Institution for the year ending June 30. 1906 (in-8°, 230 × 145 de LI-546 p., avec illust.). Washington, Government Printing Office. 1907. 45329

Association Française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 36ᵉ session. Première partie. Documents officiels. Procès-verbaux (in-8°, 245 × 150 de CXII-607 p., avec 1 plan de Reims). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1907. 45305

BLANCARNOUX (P.). — *Aide-mémoire du mécanicien et de l'électricien. Construction mécanique, électrique et automobile.* Rédigé par un groupe d'Ingénieurs sous la direction de Paul Blancarnoux (in-16, 155 × 100 de XV-388 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat. 1908. (Don des éditeurs.) 45319

GUILLAUME (Ch.-Ed.). — *Les récents progrès du système métrique.* Rapport présenté à la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures réunie à Paris en Octobre 1907, par Ch.-Ed. Guillaume (Extrait du Tome XV des Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures) (in-4°, 325 × 245 de 94 p., avec 4 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1907. (Don de l'éditeur.) 45320

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject-Index ols CLXVII-CLXX. Session 1906-1907 (in-8°, 210 × 140 de 26 p.). London, William Clowes and Son. 45301

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXX. 1906-7. Part. IV (in-8°, 215 × 135 de VIII-508 p., avec 5 pl.). London, Published by the Institution, 1907. 45300

Travaux publics.

Annual Report of the Street Department of the City of Boston for the years 1902. 1903. 1904, 1905 (4 vol in-8°, 235 × 145 de 181 p., 165 p., 157 p., 312 p.). Boston, Municipal Printing Office, 1903 à 1906. 45312 à 45315

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1908 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

J.-S. ANDERSON, présenté par MM. Postel-Vinay, A. Mallet, Godfernaux.
R. DE BAILLEHACHE, — Balliman, Dutreux, Ziégler.
L. BARADUC-MULLER, — Bergeron, Compère, L. Périssé.
E.-J. CHAUVIÈRE, — Bruniquel, E. Langlois, Stigler.
G.-C. CHEVALIER, — Brison, Jannettaz, Roman.
F.-A. CHOFFEL, — P. Delaporte, Desplats, Massenet.
G. DE CONINCK, — Duchesne, Hubert, De Dax.
A.-J. DEPORT, — G. Canet, Bordet, Denis de Lagarde.
A.-E. HEPP, — Jousselin, L. Lambert, Oller.
P. HEUCHEL, — G. Dumont, Gandillot, P. Germain.
A. HUILLARD, — Barbet, Hersent, Vauthier.
J.-A. LILLAZ, — Berlier, Desombres, Desbats.
P.-J. MOREAU, — Blinn, Lévy-Lambert, Lévy-Salvador.
H.-P.-J. DE VORGES, — A. Neveu, Féolde, Maubras.
Ch.-E. YAHER, — Arnaud, Henri, Robequain.

Comme Membres Associés, MM. :

E.-Ch.-E. CHEVALLIER, présenté par MM. Brard, Chouanard, Dalbouze.
H. DESCIEUX, — Duchesne, Fernez, De Dax.
N. DE JOMINI, — Mallet, Zleyzewski, De Dax.
V. JUVILLE, — Duchesne, Fernez, De Dax.
G.-V. MERIOT, — A.-L. Dupont, Evers, Le Magnen.
A. MORPURGO, — Duchesne, Fernez, De Dax.
A.-F. PASQUIER, — A. Moreau, Groselier, Nanquette.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 MARS 1908

PRÉSIDENCE DE M. E. REUMAUX, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que notre Collègue, M. F.-J. Pillet, signale, comme suite à la lettre de M. P. Besson, insérée dans le procès-verbal de la séance du 21 février, qu'il a exprimé lui-même une opinion analogue à deux reprises différentes : l'une sous le titre *Avenir de la Navigation aérienne*, inséré dans le journal *l'Aéronaute*, de janvier, février et mars 1901; l'autre dans une étude sur *La Vision cérébrale*, classée dans la Bibliothèque de notre Société sous le n° 44346.

Une note de M. R. Arnoux, relative aux moteurs à mélange tonnant à grande puissance massique et à la discussion sur ce sujet qui a eu lieu dans la séance du 21 février, est déposée sur le Bureau et sera jointe au dossier de la discussion. Les Collègues que ces questions intéressent pourront consulter cette note aux Archives.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de M. E. Fortin-Hermann. Membre de la Société depuis 1858, fondateur de la Société d'Entreprise générale de distributions et concessions d'eau et de gaz et de travaux publics, administrateur de la Compagnie du gaz, de l'électricité et régie cointéressée des Eaux de Tunis et de la Société Parisienne de publicité.

M. le Président adresse à la famille de ce Collègue les sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que le Gouvernement du Transvaal et la Chambre des Mines de ce même pays ont ouvert un concours pour primer la meilleure foreuse pratique de petite dimension. Les Prix qui seront distribués seront de 100 000 et 25 000 f.

M. le Président dit que M. Calmettes, Président de la 5e Section du Comité (Physique et Chimie industrielle) a été nommé délégué de la Société au 2e Congrès international de Sucrerie et des industries de Fermentation, annoncé dans la séance du 21 février.

Le Congrès Colonial Français, auquel MM. Bel et Faucher ont été nommés délégués dans la séance du 24 janvier dernier, se réunira à Paris, le 1er juin, à l'École de Hautes Études Commerciales, 108, boulevard Malesherbes.

M. P. Besson a la parole pour sa communication sur *la Crise de l'apprentissage.*

M. P. Besson rappelle que la crise de l'apprentissage n'est pas chose nouvelle; le 1er décembre 1872, M. Gréard s'exprimait ainsi à la Commission d'enquête sur l'Enseignement professionnel, instituée sur la demande du duc d'Audiffret-Pasquier : « L'apprentissage s'en va; bientôt il n'existera plus ».

A l'heure qu'il est on peut dire que l'on ne fait plus d'apprentis, au plus grand préjudice de la plupart des industries de fin, optique, instruments de précision, mécanique, électricité, instruments de musique, industrie du livre, du meuble, de la carrosserie, armurerie, etc.

La crise est mondiale, mais elle sévit surtout en France, les remèdes n'ayant pas été apportés et, au contraire, la législation ayant porté une entrave complète au recrutement des apprentis.

Les causes de la crise de l'apprentissage peuvent se diviser en plusieurs catégories :

1° *Causes morales.* — La classe ouvrière cherche de toute façon à ce que ses enfants n'aillent pas à l'atelier, on recherche des places de fonctionnaires ou d'employés; c'est l'opinion de M. Gustave Le Bon dans son ouvrage *La Psychologie de l'Éducation;* c'est celle de M. Keller; c'est celle de Diderot dans l'*Encyclopédie.* « Nos artisans se sont crus méprisables, parce qu'on les a méprisés. Apprenons leur à mieux penser d'eux-mêmes, c'est le seul moyen d'obtenir des producteurs parfaits »;

2° *Causes économiques.* — Devant les besoins croissants, les parents désirant que les enfants gagnent de suite, les dirigent vers le commerce plutôt que vers l'atelier; le patron, d'autre part, ne tient pas à se charger d'apprentis qui ne travaillent pas et qui empêchent les ouvriers de produire autant; enfin, avec le progrès du machinisme et les continuelles modifications dans l'industrie, on comprend qu'un ouvrier hésite à faire un long apprentissage qui peut lui être totalement inutile;

3° *Causes législatives.* — La loi du 22 février 1851 prévoyait un contrat écrit, verbal ou pas de contrat; en fait, jamais le contrat écrit n'a

été beaucoup pratiqué; en 1860, sur 19 742 apprentis, il y avait seulement 4 500 contrats écrits; le contrat verbal n'est guère observé par les partis qui cherchent surtout à n'être pas liés. L'État a commencé à réglementer les heures de travail pour les enfants par la loi du 19 mai 1874; c'est sous le cabinet peu révolutionnaire du duc de Broglie que la loi fut présentée par M. de Meaux; elle défendait le travail de nuit et organisait l'inspection du travail; après sont venues les lois du 2 novembre 1892, la Circulaire ministérielle du 14 octobre 1899, enfin la fameuse loi du 30 mars 1900, qui fait couler tant d'encre : l'article premier de la loi fixe le maximum des heures de travail pour les enfants âgés de moins de dix-huit ans à dix heures, et l'article 2 fixe également ce maximum à dix heures pour les adultes qui sont utilisés conjointement avec les enfants, même quand lesdits enfants ne sont plus présents à l'atelier.

Patrons et ouvriers ont été d'accord pour supprimer les apprentis devant cette impossibilité de faire des heures supplémentaires, ou des travaux nocturnes; en fait, l'apprentissage a été reporté à dix-huit ans, au plus grand profit du recrutement des apaches, vagabonds, alcooliques: il y a lieu de souhaiter que, tout d'abord, le Parlement vote la proposition de loi de M. Rudelle, abrogeant ce malheureux article 2.

Enseignement professionnel. — L'enseignement professionnel n'a pas la prétention de remplacer l'apprentissage, mais simplement de donner aux apprentis des notions générales scientifiques, dessin ou autre, permettant de leur ouvrir un débouché plus large dans l'avenir. M. Gréard au Congrès de 1889, et M. René Leblanc, Inspecteur général de l'enseignement professionnel, sont d'accord sur ce point. Malheureusement, à peine 50 000 enfants reçoivent cet enseignement, alors qu'on estime le nombre nécessaire à 500 000; à Paris, on compte seulement 1 500 enfants dans les écoles professionnelles, les écoles primaires supérieures et les cours complémentaires, sur 15 000 élèves sortant des écoles primaires. Dans les écoles de l'État l'enseignement n'est pas assez pratique, il est trop dogmatique; c'est ce qui fait que les écoles professionnelles de la Ville de Paris fournissent, à côté d'ouvriers de tout premier ordre, des jeunes gens beaucoup moins bons que ceux fournis par l'atelier et ayant par contre beaucoup de prétentions.

Pour ce qui est des écoles primaires supérieures, M. René Leblanc lui-même est obligé d'avouer qu'au 1er janvier 1905, sur un total de 43 293 élèves, on n'en trouve que 6 034 suivant les sections professionnelles, soit 28 0/0; en 1907, sur 46 193 élèves on en trouve seulement 6 000 dans les dites sections, soit 12.98 0/0. Il y a quelques années, M. Méline écrivait qu'en France il y avait 82 écoles d'agriculture, coûtant 4 millions de francs, avec 651 professeurs et 2 850 élèves, soit 4 élèves par professeur. Dans ces conditions, le coût d'un élève est de 1 400 f par an!

Les Associations privées font ce qu'elles peuvent, mais, sur les 4 223 cours où sont inscrits 95 000 auditeurs, combien y en a-t-il qui sont suivis?

Le seul remède, c'est de fonder des cours de demi-temps de 4 h. 1/2 à 6 h. 1/2, d'encourager patrons et ouvriers à les faire fréquenter, leur

montrer que tous y trouveront leur avantage. Le Conseil du Travail et la Ligue de l'Enseignement demandent que l'enseignement professionnel soit obligatoire; outre l'impossibilité matérielle, il est plus que probable que cette obligation resterait lettre morte devant l'impopularité qu'elle aurait à subir de la part des ouvriers et des patrons. On ne peut obliger un patron à faire des apprentis; si on lui met des obstacles ou des entraves, il n'en fera pas, et la crise de l'apprentissage restera insoluble. Il en est de même si on veut le soumettre à la visite de véritables délégués du travail, patrons ou ouvriers, pour reconnaître si l'apprentissage est bien réel; nous sommes par contre d'accord pour dire que s'il y a un contrat d'apprentissage il doit être écrit et pour admettre le diplôme conféré à la fin de l'apprentissage par un Comité composé de patrons et d'ouvriers. Il faut encourager l'initiative privée dans le devoir social de faire des apprentis; nous pensons avec Colbert que :

« Il faut laisser faire les hommes, qui s'appliquent sans peine à ce qui convient le mieux; c'est ce qui apporte le plus d'avantage. »

M. le Président remercie M. Besson de son intéressante communication.

M. Besson a parfaitement déduit les causes de la crise de l'apprentissage, qui préoccupe tous les industriels. La fabrication française vaut surtout par le fini de l'exécution, c'est-à-dire par l'habileté des ouvriers.

Le jour où, par la diminution de l'apprentissage, l'habileté des ouvriers viendrait à décroître, nos exportations seraient singulièrement compromises.

C'est à l'atelier, sous l'œil des maîtres qu'autrefois se formaient ces habiles apprentis qui gardaient la tradition tout en s'initiant aux méthodes nouvelles. L'apprentissage écarté de l'atelier par les transformations de l'industrie et les exigences nouvelles du législateur pourra-t-il se reconstituer, non dans des écoles professionnelles dont l'objet est différent mais dans de véritables écoles d'apprentissage organisées *ad hoc*? On est en droit d'en douter; — l'expérience cependant est à tenter puisqu'aussi bien on ne reconnaîtra l'erreur commise que si cette tentative échoue et l'on ne doit pas oublier que le rétablissement de l'apprentissage sous une forme ou sous une autre est une question vitale pour l'industrie française et plus spécialement pour la fabrication parisienne.

M. G. Hersent a la parole pour sa communication sur *les Grands ports français. Leur transformation. Leur autonomie.*

M. G. Hersent rappelle la lutte économique si intense dont le monde presque entier est actuellement le théâtre : les efforts de chaque pays pour s'outiller de façon à pouvoir soutenir avantageusement la concurrence de ses rivaux, le développement considérable du mouvement industriel et commercial qui entraîne celui des installations maritimes, tout conduit à donner un singulier caractère de gravité à l'état pour ainsi dire stationnaire où nos installations maritimes sont restées depuis quelques années.

L'apparition des grands transatlantiques modernes, tels que le *Lusitania* et le *Mauretania*, vient encore aggraver la situation et compliquer ce problème d'un élément nouveau. M. Georges Hersent a donc cru le moment venu de poser nettement, et dans toute son ampleur, la question de nos grands ports français. Il a été ainsi amené à étudier le problème sous toutes ses faces, et par suite à se poser les questions suivantes :

1° Le principal objectif d'un grand port étant d'abriter les navires qui lui sont destinés, l'on est *logiquement* amené à étudier tout d'abord les dimensions des grands navires modernes et à supputer celles qu'ils atteindront dans un avenir prochain. A ce propos, on peut également passer en revue quelles sont les mesures déjà prises ou en préparation à l'étranger, dans le but de répondre à ce nouvel état de choses;

2° Quelles conditions doivent remplir aujourd'hui nos grands ports français pour satisfaire, d'une part, aux exigences du commerce international et, d'autre part, à celles non moins impérieuses d'une architecture navale sans cesse en progrès?

Et, puisque tout programme d'exécution pour des travaux de cette nature doit forcément se répartir sur une période de huit à dix ans, cette deuxième partie du problème doit être complétée de la façon suivante :

Quelles sont les conditions que l'on doit prévoir, dès à présent, comme indispensables pour les grands ports, d'ici quinze à vingt ans, afin, qu'une fois réalisées, ces diverses améliorations ne soient pas déjà démodées ?

3° Quels sont les ports français que leur situation géographique et leurs conditions naturelles prédestinent à ce rôle prépondérant ?

4° Quel paraît être le moyen pratique de réaliser ce programme, en tenant compte des nécessités urgentes de notre situation économique en même temps que des ressources limitées dont semblent actuellement disposer nos budgets ?

5° Quel devrait être dans cet ordre d'idées le moyen de régir dorénavant nos grands ports, de manière à leur constituer une vie propre et véritablement autonome, directement liée aux intérêts locaux, régionaux et nationaux, auxquels ils doivent satisfaire ?

Autrement dit, quel est en somme le moyen de les mettre à même de se développer progressivement au fur et à mesure de leurs besoins nouveaux ?

En ce qui concerne les dimensions probables des grands navires de demain, M. G. Hersent se trouve amené, par l'étude approfondie des récents progrès de l'architecture navale, à envisager comme devant être atteints d'ici quinze à vingt ans, les chiffres énormes de 300 à 330 m pour la longueur, 30 à 35 m pour la largeur et 13 à 15 m pour le tirant d'eau. Ces données, qui peuvent paraître exagérées à ceux qui n'ont pas étudié la question de très près, se trouvent d'ailleurs confirmées dans une série de documents des plus intéressants que cite M. Hersent, documents qui sont malheureusement trop peu connus de nous.

Ces chiffres sont d'autant plus intéressants que l'on construit en ce moment, en Angleterre surtout, une série d'immenses cargo-boats du

type *Adriatic*, de la White Star Line, qui sont de dimensions analogues à celles des plus grands navires transatlantiques, quoique d'une vitesse moindre.

L'exploitation de ces navires est considérée comme très avantageuse, à cause du poids considérable de marchandises qu'ils peuvent transporter, tout en brûlant relativement peu de charbon.

Passant ensuite à l'examen des travaux en préparation ou en cours d'exécution dans les grandes centres maritimes de l'étranger, M. G. Hersent montre que partout, aussi bien dans les ports comme New-York, Liverpool, Southampton, Douvres, Anvers, Zeebruges, que dans les canaux de Kiel, de Suez, de Panama, la même préoccupation est à l'ordre du jour : rester à la hauteur des progrès incessants et rapides de l'architecture navale et prévoir ses progrès assez à l'avance pour ne pas se trouver en retard.

Un grand port bien outillé doit être en quelque sorte un organisme de suture, un véritable point de jonction entre les voies ferrées et les navires. C'est ainsi qu'à l'étranger il est presque partout compris. Malheureusement, chez nous cette jonction n'est que très rarement réalisée et, quand elle l'est, c'est dans des conditions par trop précaires: tout au plus, en ce qui concerne les passagers, des jonctions existent pour les lignes d'Angleterre à Calais, Boulogne et Dieppe, et pour les lignes de New-York au Havre.

Rien de semblable à Marseille, ni à Bordeaux, et si cet état de choses se prolonge, les voyageurs finiront par abandonner nos ports, où rien ne concourt aux facilités de transbordement, dans les mêmes conditions que certains courants de marchandises françaises qui déjà empruntent les ports étrangers mieux outillés que les nôtres, comme Anvers et Rotterdam.

Après avoir insisté sur ces conditions que doivent présenter dorénavant les grands ports, tant au point de vue de leur disposition générale que de leur organisation industrielle et commerciale, M. G. Hersent passe en revue nos principaux ports français, en recherchant quels sont ceux qui semblent pouvoir jouer un rôle dans l'avenir, au point de vue de la navigation transatlantique, et être, par suite, en mesure de recevoir les plus grands navires de commerce.

Sur la Méditerranée, Marseille lui paraît être sans conteste le point où doivent porter tous nos efforts; si l'on veut, en effet, consentir aux sacrifices nécessaires, sa situation géographique permettrait à Marseille d'utiliser largement cette merveilleuse voie de communication et de pénétration vers l'Allemagne centrale que devrait être notre vallée du Rhône.

Du côté de l'Atlantique, l'examen des conditions de profondeur et des facilités d'accès montre qu'un grand port transatlantique destiné à abriter de très grands navires ne peut être projeté qu'à l'extrême embouchure de la Gironde (Royan ou de préférence Le Verdon, sur lequel devraient, semble-t-il, se concentrer tous les efforts pour en faire le véritable avant-port de Bordeaux).

Enfin, sur la Manche, Cherbourg et Boulogne semblent rester sans aucun doute nos premiers ports d'escale; mais il y aurait, semble-t-il,

urgence à créer, au Havre, un grand port moderne capable de desservir non seulement le pays environnant, mais encore toute la France du Nord et la région de Paris.

Cette étude ayant surtout pour but de rechercher les conditions que devront présenter de grands ports transatlantiques, on a été naturellement conduit à envisager les points qui, par leur situation hydrographique, permettront de réaliser ces *desiderata* dans les conditions les plus économiques. Mais il ne faudrait pas en conclure que les progrès à réaliser dans nos ports intérieurs ne devront pas être poursuivis en même temps.

Ces derniers seront, en effet, toujours les plus économiques puisqu'ils permettent de pénétrer plus au cœur du pays et restent donc plus avantageux pour tous les transports, aussi bien à l'importation qu'à l'exportation.

Rouen, Nantes, Bordeaux ont donc tout à gagner dans la création d'avant-ports profonds au Havre, à Saint-Nazaire, à l'embouchure de la Gironde, mais l'on doit aussi améliorer et approfondir de plus en plus leurs voies d'accès à la mer et compléter aussi leurs installations maritimes.

Enfin, pour être dans une situation économique tout à fait favorable, tous ces ports extérieurs et intérieurs devraient être mieux reliés qu'ils ne le sont à l'intérieur du pays par l'intermédiaire d'un réseau de voies navigables.

L'ensemble des travaux dont cet exposé fait ressortir la nécessité représente un effort financier considérable : 1 milliard pour le moins, peut-être 1 milliard et demi. Cette somme peut paraître tout d'abord exagérée. Qu'on la compare cependant aux dépenses engagées en ce moment dans presque tous les pays concurrents. Mais comment trouver une pareille somme ?

M. G. Hersent reconnait qu'il est impossible, dans les conditions actuelles surtout, de demander à l'État d'assumer une aussi lourde charge ; mais le concours de l'État pourrait, selon lui, s'exercer très efficacement sous la forme de la « garantie d'intérêt ». Il est certain que pour qui veut approfondir les choses, les charges de l'État, en cas d'application de ce système, atteindraient à peine les sommes qu'il inscrit chaque année au budget des Travaux publics au profit de nos ports et de nos voies navigables.

Enfin, il faudrait cependant renoncer à cette conception erronée qui consiste à considérer un port comme une œuvre d'intérêt purement local. Quelles conséquences, au contraire, profitables au développement de la richesse nationale, quelle augmentation dans les perceptions fiscales et douanières résulteraient de l'ouverture de ports plus grands et mieux outillés pour y attirer et augmenter notre commerce de mer! L'État a donc tout intérêt à favoriser ce développement et M. G. Hersent montre sous quelle forme on pourrait réaliser le problème.

Mais, une fois admis le principe de la garantie d'intérêt, il reste à envisager l'organisation du régime qu'il conviendrait d'appliquer à l'Administration des ports. M. G. Hersent rappelle à ce moment les vices de notre organisation en France où cinq ministères concourent à un

même but, si bien qu'il en résulte d'incalculables lenteurs et d'énormes pertes de temps.

Il étudie alors l'organisation des ports étrangers, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, puis il étudie de plus près l'intéressante tentative réalisée à Gênes et le fonctionnement du Consorzio.

Il conclut en préconisant la création, chez nous, d'une Commission chargée de l'Administration de chaque port, dont il définit la composition et le fonctionnement.

Il est impossible d'entrer ici dans le détail; bornons-nous à dire que cette Commission comprendrait des représentants de tous les intérêts locaux et régionaux engagés dans la prospérité des ports. Elle jouirait d'une large indépendance, sans constituer cependant un organe de séparatisme; pour tout dire, elle réaliserait pratiquement ce que, de toutes parts, on réclame aujourd'hui sous le nom d'*Autonomie des ports*.

Une pareille tentative, dit M. G. Hersent, a une véritable importance.

On comprend, en effet, qu'il est très difficile aux Administrations actuelles de nos ports de soulever de pareilles questions qui risquent toujours d'indisposer les Pouvoirs publics pour l'octroi des crédits dont elles ont immédiatement besoin; d'autres personnes, au contraire, ne peuvent pas, en raison de leur situation officielle, faire part de ce qu'elles savent.

Personne ne demandant la parole pour présenter des observations sur l'exposé ou les conclusions de cette étude, M. le Président remercie M. Hersent d'avoir mis en relief les magnifiques développements qu'ont donnés les concurrents étrangers à leurs ports et la hardiesse avec laquelle ils ont envisagé l'avenir.

Il le remercie également d'avoir indiqué sur quels points doivent se porter les efforts de notre pays, et le félicite de la confiance qu'il a dans l'initiative privée, à laquelle la Société des Ingénieurs Civils de France doit toujours rendre hommage.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-S. Anderson, E.-J. Chauvière, G.-C. Chevalier, F.-A. Choffel, J.-A. Deport, A.-E. Hepp, A. Huillard, J.-A. Liliaz, P.-J. Moreau, H.-P.-J. de Vorges, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. R.-E.-J.-F.-M. Comte de Baillehache, P. Heuchel, G. de Coninck, Ch.-E. Yaher, L.-V.-M.-H. Baraduc-Muller, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et

MM.. E.-Ch.-E. Chevallier, H. Descieux, N. Baron de Jomini, V. Juville, G.-V. Meriot, A. Morpurgo, A.-F. Pasquier, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures vingt minutes.

L'un des Secrétaires techniques,
G. Lumet.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 MARS 1908

Présidence de M. E. Reumaux, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président fait connaître qu'à la suite de la communication de M. G. Hersent sur *les Ports français*, M. de Coëne lui a adressé une lettre plus spécialement relative au port de Rouen. Ce document a été joint au dossier et pourra être consulté aux Archives.

M. le Président a le regret de faire connaître les décès de MM. :

H. Biver, ancien élève de l'École Centrale (1843), Membre de la Société depuis 1851, chevalier de la Légion d'honneur, ancien Membre du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale, Membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, Administrateur de la Société anonyme des Glaces et Produits chimiques de Saint-Gobain.

A. Carcuac, ancien Élève de l'École Centrale (1861), Membre de la Société depuis 1867. A été Ingénieur aux forges de Decazeville et aux Chemins de fer de Ceinture, Ingénieur civil.

E. Derennes, ancien Élève de l'École Centrale (1859), Membre de la Société depuis 1862, chef du service du Laboratoire du matériel des voies au chemin de fer du Nord, chef de travaux chimiques à l'École Centrale.

N. François, Membre de la Société depuis 1883, chef de service des ateliers de construction de la Société Cockerill, à Seraing.

J. B. Ottoni, Membre de la Société depuis 1898. A été préparateur-conservateur du Laboratoire de chimie de l'École Centrale de Rio-de-Janeiro, Directeur du chemin de fer Oeste de Minas.

Comte Eugène Pereire, ancien Élève de l'École Centrale (1852), Membre de la Société depuis 1852, ancien député, Président honoraire de la Compagnie Générale Transatlantique et Administrateur de la Compagnie Parisienne du Gaz, Membre du Conseil supérieur de la Marine marchande, Conseiller du commerce extérieur de la France, commandeur de la Légion d'honneur.

A. Robinet, Membre de la Société depuis 1893, Administrateur de la Compagnie française du Gaz.

Enfin, celui de M. J. Farcot, ancien Président de la Société. M. le Président prononce les paroles suivantes :

« J'ai le vif regret d'avoir à vous annoncer le décès de notre ancien » Président, Joseph Farcot, le constructeur si connu, dont le nom restera » dans les annales de la mécanique appliquée.

» Sorti de l'École Centrale en 1845, avec le diplôme d'Ingénieur, il » avait sa place toute marquée dans les ateliers de construction créés par » son père, et il sut se montrer digne du nom qu'il portait, en dévelop- » pant l'importance de la production de la maison, dans les diverses » branches de la mécanique.

» Il entra en 1852 à la Société et fit, à diverses reprises, partie du Co- » mité de 1862 à 1864, puis de 1866 à 1878.

» L'Exposition universelle de 1878 fut l'occasion, pour J. Farcot, des » plus brillants succès, aussi fut-il justement désigné l'année suivante, » par ses Collègues, pour occuper la présidence de la Société des Ingé- » nieurs Civils de France.

» Le nom de Farcot restera comme celui de l'auteur d'ingénieux per- » fectionnements dans l'utilisation de la détente de la vapeur, et du » créateur du servo-moteur, mais il convient aussi de rappeler qu'après » la guerre, Farcot prit une part importante à la réfection de notre » matériel d'artillerie, et que nombre d'affûts de pièces de la marine » furent exécutés dans ses ateliers de Saint-Ouen ».

M. le Président adresse aux familles de ces regrettés Collègues les sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. R. Benoit, M. Clair et E. Mimard;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. R. Berge, L. Borne, Albert Collet, L. Gaumont, G. Gin, L. Godard-Desmarest, G. Hallam de Nittis, R. Jabœuf, G. Lefebvre-Albaret, J. Lopes-Diaz, K. Sosnowski, A.-A. Thomas, G. Vinant;

Officiers de l'Instruction publique : MM. A. Brice, E. Favier, G.-A. Leroux, L. Letombe, G.-L. Merceron, A. Neveu, J.-H.-Ch. Wittmann·

Officiers d'Académie : MM. G. Baustert, Eug. Guiard;

Officier du Mérite agricole : M. G. Grangé;

Chevalier du Mérite agricole : M. R. Ellissen;

Commandeur de la Couronne d'Italie : M. H. Doat.

M. le Président adresse à tous ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître :

1° Que le deuxième Congrès International de la Prévention du feu et

des accidents aura lieu fin juin à Paris. M. Henri Favrel a été nommé délégué de la Société à ce Congrès ;

2° Qu'une Exposition internationale de construction et d'architecture se tiendra cette année à Saint-Pétersbourg ;

3° Qu'un concours est ouvert pour l'obtention de la place de Professeur de la chaire des constructions hydrauliques à l'École Polytechnique de Lemberg (Autriche). Les inscriptions doivent parvenir avant le 30 avril. Les documents relatifs à ce concours sont déposés au Secrétariat de la Société ;

4° Que la Chambre de Commerce et d'Industrie de Prague (Bohême) organise une Exposition jubilaire qui se tiendra de mai à octobre 1908 à Prague.

M. le Président fait également connaître que le Comité, dans sa séance de ce jour, a nommé comme délégué de la Société au premier Congrès International de la Route, M. A. Loreau, notre ancien Président et Président de la Commission technique de l'Automobile-Club de France.

M. le Président signale qu'une erreur d'impression s'est glissée dans le Procès-verbal de la séance du 10 janvier 1908 ; page 34, 25e ligne, du Bulletin correspondant, il faut lire : Le Congrès International des Chemins de fer qui se tiendra à *Berne* en 1910.

M. L. Delvaux a la parole pour une communication sur *l'Exploitation de l'or à la Guyane. Le dragage des alluvions aurifères.*

M. L. Delvaux rappelle que la Guyane française est essentiellement un pays d'exploitation aurifère : c'est cette industrie qui alimente exclusivement le commerce local et qui doit permettre l'exécution des travaux d'intérêt général nécessaires : routes, voies ferrées, ports, etc. La richesse du sous-sol guyanais est prouvée par les productions faites par les indigènes : de 3 000 à 4 500 kg (9 à 13 millions de francs par an), malgré l'imperfection des moyens mis en œuvre.

Les alluvions exploitées en Guyane sont de formation récente et leur enrichissement est dû à la désagrégation de filons aurifères voisins. Le *bed rock* est constitué généralement par une argile compacte provenant de la décomposition de la diorite et sur laquelle repose le gravier qui contient la majeure partie de l'or. Ce gravier est parfois recouvert de sable légèrement aurifère et le tout est surmonté d'humus et de terre arable.

Les cours d'eau guyanais ont, en général, une allure torrentielle dans leur partie supérieure : les Guyanais exploitent ces parties au *long tom.* Plus bas, la largeur des vallées augmente et leur pente diminue : ces zones sont exploitées au *sluice*. Enfin, plus bas encore, les vallées s'épanouissent en de vastes marécages, fréquemment inondés, presque tous vierges, mais qui se prêtent à l'exploitation par dragage.

Le dragage des alluvions aurifères est une industrie de création récente qui a été mise au point en Nouvelle-Zélande. La tendance constante a été d'augmenter la robustesse des dragues et aussi leur capacité ; mais

l'avantage de cette dernière évolution au delà d'une certaine limite n'est pas péremptoirement démontré.

Le nombre des dragues en marche dans le monde est d'environ 450. La Nouvelle-Zélande en renferme environ 180 (Otago, Southland et Côte Ouest), la Californie une cinquantaine (Oroville, Yuba River et Folsom). Les dragues californiennes sont électriques et généralement très puissantes. L'Australie (Victoria et Nouvelle-Galles du Sud) possède environ 60 dragues, plus petites, en général, que celles de la Californie. Des dragues sont, en outre, en service en Sibérie, au Klondike, dans l'Alaska, en Colombie britannique, dans les Guyanes, à la Terre de Feu, à la Côte d'or anglaise (rivières Ofin et Ankobra), en Haute Guinée, en Birmanie, en Serbie, à Malacca et aux Philippines.

Dans les Guyanes, des essais ont été faits : en Guyane anglaise, sur le Barima, à Omaï, et sur le Konawaruk; en Guyane hollandaise, sur la Sarakreek (Granplacer), sur le Wittiwater, sur les concessions de la Saramacca C° et sur le Placer Américain du Maroni (ce dernier au moyen d'un excavateur sur rails); en Guyane française, sur la crique Ipoucin (A. Conrad); au placer Sur-Saut; puis par notre collègue M. Levat, à Sparwine et sur le Courcibo; enfin, sur le placer Élysée.

Sur ce dernier placer, une première drague, de faibles dimensions, fut, après de longues expériences, entièrement transformée et est dorénavant en très bonne marche normale. Une deuxième drague, beaucoup plus robuste et plus puissante, étudiée par M. Delvaux, avec le concours de MM. Gérard Dufour et L. de La Marlière, a été mise en marche avec plein succès en décembre.

M. Delvaux signale l'importance très grande d'une prospection minutieuse pour éviter des échecs désastreux : on emploie dans ce but les puits de prospection et les sondages tubés. M. Delvaux décrit un appareil de sondage imaginé par les Hollandais et qu'il a introduit en Guyane française, où il a donné de très bons résultats.

M. Delvaux termine en exprimant la conviction que le dragage des alluvions aurifères assurera à l'industrie guyanaise la même transformation heureuse qu'il a apportée aux exploitations de la Nouvelle-Zélande, de la Californie, etc.

M. le Président remercie M. Delvaux de son intéressante communication. Il souhaite que le succès récompense la persévérance des efforts entrepris pour faire aboutir une exploitation industrielle destinée à devenir une source de prospérité pour une colonie française.

M. d'Anthonay a la parole pour sa communication sur *le Chauffage à niveau et à circulation accélérée.*

M. d'Anthonay démontre en premier lieu que le chauffage à vapeur a haute pression, tel qu'on l'a installé, il y a vingt ans, dans les lycées, est extrêmement dispendieux comme entretien; que l'emploi du chauffage à eau chaude en usage dans d'autres lycées permet de faire une économie de plus de 20 0/0.

Il fait également la comparaison entre la consommation de combustible dans le chauffage à vapeur à basse pression et le chauffage à eau chaude, et rappelle qu'à la suite d'expériences faites dans deux locaux,

identiquement semblables, l'avantage reste encore tout entier au chauffage à eau chaude.

Étudiant l'appareil de chauffage à eau chaude, dont l'appareil type est le thermosiphon, M. d'Anthonay montre que la force motrice qui met l'eau en mouvement dans un local de 3 m de hauteur est due à une charge en eau de 5 cm; que 24000 calories à fournir nécessiteraient un tuyau de 80 mm de diamètre; que, pour remédier à cet inconvénient, les constructeurs ont imaginé des appareils permettant d'accélérer la vitesse et, par là, trouvé le moyen de rendre ces appareils applicables au chauffage des appartements.

Ces appareils sont de trois sortes :

A émulsion,

A pulsion,

A aspiration.

Les appareils à émulsion, construits par les Maisons Hamelle et Grouvelle, ont pour objet :

De produire de la vapeur dans une chaudière ;

D'amener les bulles de vapeur produites dans la colonne ascendante ;

De provoquer ainsi une émulsion ou différence de densité et, par là, une vitesse plus considérable.

La chaudière à vapeur de la Maison Hamelle, indépendante du circuit, fait que son installation comporte un thermosiphon proprement dit avec tous ses avantages.

L'appareil à pulsions de la Maison Bohain, brevet Rouquaud, est l'application de l'appareil à lessive.

Toute l'eau d'une chaudière passe (par la force de la vapeur) d'un récipient dans un autre, placé dans une partie plus élevée : de là, la pulsion.

A ce moment, la chaudière est en communication avec la pression atmosphérique; aussi rien n'empêche l'eau, retenue derrière le clapet, de rentrer dans la chaudière et de permettre, après chauffage, une nouvelle pulsion ; tel est le principe de cet appareil très simple qui a permis à la Maison Bohain de construire avec succès des appareils à circulation accélérée, à foyers, soit à niveau, soit même au-dessus du local à chauffer.

La Maison Nessi frères a imaginé un appareil extrêmement intéressant basé sur le principe de faire le vide sur le parcours de la canalisation d'un thermosiphon, à l'aide des eaux de retour.

Une chaudière envoie de la vapeur dans un réservoir inférieur rempli d'eau; cette vapeur chasse l'eau de ce réservoir dans un réservoir supérieur de distribution. A ce moment, les eaux de retour peuvent arriver dans le réservoir inférieur y condenser la vapeur, y faire un vide de plus de 4 mètres et ainsi appeler énergiquement les retours de distribution.

Le vide étant de quelques mètres de hauteur, il en résulte une accélération considérable de vitesse dans la circulation.

Cet appareil, fort ingénieux, fonctionne très régulièrement.

La Maison Leroy et Cie construit également un appareil basé sur le

même principe et donnant naturellement à peu près les mêmes résultats.

M. d'Anthonay démontre ensuite que ces trois systèmes :

Émulsion,

Pulsion,

Aspiration,

s'appliquent aussi bien à des locaux de petites dimensions comme des appartements qu'au chauffage de très grands établissements.

Il montre, à cette occasion, un chauffage d'appartement fait par chacun de ces systèmes et de grandes installations telles que : « le Comptoir d'Escompte », par la Maison Hamelle, système à émulsion;

Une succursale de la « Société générale », système à pulsion, par la Maison Bohain;

Le théâtre « Femina », système à aspiration, par la Maison Nessi frères.

M. d'Anthonay conclut enfin qu'en matière de chauffage il n'y a rien d'absolu, que chaque système, vapeur, haute pression, basse pression, eau chaude, a ses avantages.

Que ce qu'il faut surtout, c'est savoir fixer son choix et ne jamais rien décider sans l'avis d'un Ingénieur autorisé et désintéressé, ce qu'on fait rarement, chacun prétendant résoudre à sa manière et très heureusement l'un des problèmes les plus complexes.

M. le Président remercie M. d'Anthonay d'avoir exposé et traité un des points les plus controversés dans l'art du bâtiment, et au perfectionnement duquel les Ingénieurs travaillent sans cesse. Une discussion sur ce sujet sera certainement fort intéressante et pourra être ouverte dans une séance ultérieure.

M. L. Letombe a la parole pour une communication sur les *Moteurs à gaz de grande puissance*.

M. Letombe dit que les progrès des moteurs à gaz ont été extrêmement rapides. En 1878, la construction d'un moteur de 15 chx paraissait téméraire; aujourd'hui on en fait de 3 000 et rien ne s'oppose à ce qu'on en construise dans l'avenir de plus puissants encore.

C'est au regretté M. Delamare que l'on doit la construction des premiers grands moteurs à gaz. Déjà, en 1889, il avait fait un moteur de 100 chx et, en 1900, un moteur Delamare de 600 chx, construit par la Maison Cockerill, figura à l'Exposition Universelle. Ce moteur était à un seul cylindre et à simple effet : son piston avait 1,300 m de diamètre. C'est la plus grande dimension qui ait été atteinte jusqu'ici.

Pour des questions de prix de revient et surtout de régularité, le moteur à simple effet est aujourd'hui totalement abandonné pour les grandes puissances.

Dès 1893, M. Letombe avait construit des moteurs à double effet, puis double effet-tandem et triplex. Les résultats probants qu'il n'avait cessé d'obtenir déterminèrent tous les grands constructeurs à suivre son exemple après l'Exposition de 1900.

Ce sont les moteurs à quatre temps qui sont le plus en faveur. Les moteurs à deux temps ne progressent guère. Ces derniers ne pourront, en

effet, retenir l'attention des industriels que lorsqu'ils coûteront moins cher que les moteurs à quatre temps auxquels ils restent inférieurs comme rendement.

Après avoir parlé de la construction proprement dite, M. Letombe aborde l'étude des distributions des grands moteurs à gaz.

Pour le réglage, deux systèmes sont appliqués : le réglage qualitatif et le réglage quantitatif.

Le premier, qui consiste à agir par appauvrissement du mélange tonnant devrait, en théorie, être avantageux. Pratiquement il ne l'est pas parce que qu'il cause des déformations de diagrammes qui influencent très défavorablement le rendement thermique des machines.

M. Letombe avait obvié en partie à cet inconvénient par un réglage à surcompression, alors que les compressions normales ne dépassaient pas encore 8 kg. Ce mode de réglage prouva surtout qu'on pouvait augmenter sans inconvénient les compressions jusqu'à 12 kg.

Aujourd'hui que les compressions habituelles pour le gaz pauvre sont devenues de 12 à 13 kg, la théorie montre qu'il n'y a guère avantage a aller plus loin, car, à partir d'une certaine valeur, l'augmentation du rendement ne croît presque plus, malgré une augmentation des compressions.

Pratiquement le réglage qui donne les meilleurs résultats économiques avec les hautes compressions, c'est le réglage quantitatif, c'est-à-dire le réglage par admission variable d'un mélange constant. On diminue ainsi, il est vrai, les compressions, mais comme les détentes ne changent pas, les rendements varient peu, pourvu toutefois que les diagrammes restent corrects.

Or, la plupart des mécanismes de réglage adoptés ne donnent pas le mélange constant qu'on désire obtenir et les diagrammes se déformant, les rendements baissent quelquefois aussi rapidement qu'avec le réglage qualitatif.

On reproche quelquefois aussi au réglage quantitatif de provoquer des claquements de bielle, parce que les compressions en diminuant ne contrebalancent plus qu'imparfaitement les effets de l'inertie des pièces en mouvement. Cette considération ne peut intéresser les constructeurs qui ont l'habitude des ajustages précis de tous les organes de leurs machines.

M. Letombe décrit en terminant les mécanismes qu'il a employés sur un de ses moteurs de 1 000 chx indiqués double effet tandem pour arriver à la constance réelle des mélanges à admission variable. Il a pu ainsi obtenir le cheval-heure indiqué avec 1 800 calories à la puissance de 800 chx indiqués environ, alors que le moteur s'est montré capable de supporter une charge de près de 1 100 chx indiqués.

Cet exemple prouve qu'il n'est plus vrai de dire que le moteur à gaz n'est économique qu'en pleine charge et manque d'élasticité.

M. Letombe fait remarquer qu'une consommation de 1 800 calories correspond à 2,3 kg de vapeur surchauffée à 12 degrés et 330 degrés de surchauffe. On voit donc qu'avec l'emploi de gazogènes utilisant des combustibles à bas prix, le moteur à gaz reste de beaucoup la plus économique des machines thermiques.

M. le Président remercie M. Letombe d'avoir bien voulu, malgré l'heure avancée, prendre la parole pour exposer une question qu'il a traitée en maître. Tous les Ingénieurs connaissent les heureuses innovations qu'il a apportées dans l'étude et la construction des moteurs à gaz, et quelle part importante il a pris au développement des moteurs de grande puissance.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. M. Bormann, G. Collignon, H. Guyon, H. Hoover, H. Mignot-Mahon, T. Mourgault, comme membres Sociétaires titulaires,

M. Léon Lebrec comme membre Sociétaire assistant et

MM. P. Picot et F. Saint-Cric comme membres Associés.

MM. J. S. Anderson, E. Chauvière, G. Chevalier, F. Choffel, A. Deport, A. Hepp, A. Huillard, J. Lillaz, P. Moreau et H. de Vorges sont reçus membres Sociétaires titulaires.

La séance est levée à onze heures cinquante.

L'un des Secrétaires techniques,
G. Lumet.

LA SOIE ARTIFICIELLE

PAR

M. E. LAMY.

L'idée de produire artificiellement un textile possédant l'éclat et le brillant de la soie naturelle est déjà ancienne ; on la trouve exprimée chez Réaumur en 1734 ; mais ce savant ne put réaliser son idée. Elle est reprise seulement en 1855 par Andermars, de Lausanne, qui ne fut pas plus heureux ; son procédé ne reçut pas de consécration pratique.

Ce fut en 1885 qu'un Ingénieur français, M. le comte Hilaire de Chardonnet, prit un premier brevet (1) suivi bientôt de toute une série de brevets d'addition « pour la production de la soie artificielle par passage d'une solution éthéro-alcoolique de nitrocellulose à travers une filière formée de tubes capillaires, et évaporation subséquente du dissolvant ». Quelques années plus tard, à l'Exposition universelle de Paris, en 1889, Chardonnet exposait, pour la première fois, le résultat de ses patientes recherches, c'est-à-dire des filaments soyeux analogues à ceux que fournit le ver à soie.

Cette découverte si intéressante valut à son auteur un grand-prix.

Avant de décrire les procédés employés, nous vous rappellerons comment la soie naturelle est obtenue.

La matière filamenteuse, connue sous le nom de *soie*, est secrétée par la larve ou chenille d'un insecte, le bombyx du mûrier, communément appelé *ver à soie*.

Cet insecte élabore la soie à l'aide d'organes faisant l'office de glandes qui ont l'apparence de longs tuyaux repliés sur eux-mêmes ; ils sont au nombre de deux, disposés parallèlement à l'axe de la chenille, au-dessous du tube digestif ; vers leur extré-

(1) Chardonnet, brevet n° 38368 du 20 décembre 1885.

mité, ils forment un réservoir se continuant en un canal secréteur; celui-ci aboutit à la lèvre inférieure où se trouve un tubercule mobile ou trompe dans laquelle s'opère la réunion des canaux en un seul ; ce dernier conduit se termine en un véritable trou de filière.

Le contenu fluide du réservoir se compose de deux parties distinctes : un noyau de soie pure et une enveloppe de matières étrangères désignées sous le nom de *grès*.

La matière de la soie est destinée à la confection de la coque dans laquelle la chenille doit subir sa métamorphose en chrysalide et en papillon.

La coque du cocon est formée de trois parties :

1° La bourre,

2° La véritable soie,

3° Une portion interne si fine et si gommeuse qu'il est impossible de la dévider entièrement.

Le fil d'un cocon a environ 1 500 m de longueur; son diamètre, qui est variable, peut aller jusqu'à 18 millièmes de millimètre. Au microscope, il se présente sous l'apparence d'un tube plein aplati, avec une rainure longitudinale médiane qui se reproduit sur ses deux faces, et qui correspond à la soudure des deux brins réunis en un seul au moment de l'excrétion de la matière fluide.

Nous pouvons dire que le ver à soie est un manufacturier très habile qui utilise la cellulose de la feuille du mûrier et la transforme, par un procédé dont il ne nous a pas jusqu'ici révélé le secret, en la matière première nécessaire à son industrie. Son matériel, réduit à sa plus simple expression, se compose d'un réservoir contenant la matière élaborée par lui et d'une trompe, formant filière, par où sort cette matière à l'état de fil excessivement fin, sous l'influence d'une pression exercée par l'animal de dedans au dehors.

Or, ce merveilleux artisan est sujet à de nombreuses maladies que les belles découvertes de notre grand Pasteur ne parviennent pas à écarter toutes ; le mûrier a aussi ses maladies et est éprouvé par des intempéries ; si bien que la sériciculture est pleine d'incertitude et peu rémunératrice. Pour la France, en particulier, le marché des soies, malgré les primes accordées à la production, et malgré la protection douanière, reste à la merci des importations, car nous ne produisons qu'une quantité infime, 605 000 kg en 1906, par rapport à la consommation, qui depuis

une dizaine d'années, s'élève à plus de 4 millions de kg par an, en moyenne.

Aussi l'obtention d'une substance analogue à la soie était-elle désirable et nous devons nous féliciter de la découverte de Chardonnet.

C'est à la suite de longues et patientes études que cet Ingénieur est arrivé à réaliser mécaniquement le travail inconscient et machinal du ver à soie, c'est-à-dire qu'il a obtenu un fil soyeux en faisant passer à traver un tube capillaire, analogue à la trompe de l'insecte, une matière dérivée de la cellulose et convenablement préparée.

Les premiers échantillons parurent, avons-nous dit, à l'Exposition de 1889. En 1891, fut créée en France, à Besançon, la première usine pour l'exploitation des brevets Chardonnet.

Malheureusement, si le procédé scientifique était trouvé, la fabrication industrielle laissait beaucoup à désirer ; l'inventeur et ses dévoués collaborateurs eurent à surmonter au début des difficultés graves et nombreuses, ce qui est le sort de bien des industries naissantes. Mais, grâce à leur obstination et à leur foi robuste dans le succès final, ils arrivèrent, après une dizaine d'années d'efforts, à des résultats que l'on peut considérer comme très satisfaisants et qui assurent à leurs produits une vente facile.

Soie artificielle à base de cellulose ou soie Chardonnet.

La fabrication de la soie artificielle Chardonnet comprend trois parties :

1° La préparation de la matière première ;

2° Le filage de cette matière à travers des tubes capillaires ;

3° La dénitration et le lustrage.

La matière première est la *cellulose* qui constitue la base des tissus végétaux ; le papier à filtrer blanc peut servir de spécimen de cellulose pure. Les déchets de coton, la ramie, les bois tendres, enfin tout ce qui est susceptible de faire du bon papier blanc, convient parfaitement pour la fabrication.

Industriellement, on emploie soit de la pâte à papier, soit des fibres de coton purifiées à l'aide de débouillages, chlorages et lavages à grande eau.

La matière séchée est soumise à la nitrification par immersion dans un mélange d'acides nitrique et sulfurique chauffé à 40 degrés centigrades (15 parties d'AzO^5 à 41 degrés pour 85 parties d'acide sulfurique 66 du commerce à 65°,8). L'opération se fait dans des pots d'une contenance de 30 l environ, car il est nécessaire de traiter de petites quantités à la fois; la réaction dure plus ou moins longtemps, et on s'assure qu'elle est terminée par un examen au microscope et au polarimètre. Sous l'influence des acides, la cellulose est transformée en *pyroxiline* ou fulmicoton; après un lavage méthodique pour enlever toute trace d'acide, et un séchage au moyen d'essoreuses ou de presses hydrauliques, on dissout cette pyroxiline dans quatre fois son poids d'un mélange d'alcool et d'éther, soit 40 l d'alcool pour 60 l d'éther. L'opération s'effectue dans de grands cylindres malaxeurs tournant lentement autour de leur axe horizontal. On obtient ainsi une sorte de *sirop de collodion* qui se présente sous la forme d'une masse pâteuse verdâtre; ce collodion est filtré sous pression à travers des couches d'étamine de soie ou de coton cardé, puis envoyé dans de grands réservoirs où se déposent les dernières traces de cellulose non décomposée ainsi que les substances non dissoutes. Au bout de quelques jours, la matière épurée est prête à être filée.

Permettez-moi ici une digression : c'est avec un sirop de collodion analogue à celui de Chardonnet, mais préparé avec des tours de mains spéciaux, d'une transparence irréprochable, que l'on produit les pellicules cinématographiques aujourd'hui si répandues. Deux Maisons seulement au monde sont arrivées à des résultats parfaits :

Lumière, en France;

Kodak, aux États-Unis.

Les Maisons d'édition telles que Pathé, etc., achètent les pellicules à Lumière ou à Kodak et font l'impression (émulsion, sensibilisation, impression et fixage).

Mais revenons à la soie.

Filature.

La matière est donc envoyée à la filature ; là, on la tréfile en lui faisant traverser sous une pression considérable, jusqu'à 50 atm (pression variable d'ailleurs suivant la concentration et

la plus ou moins grande viscosité du collodion), des tubes capillaires en verre parfaitement calibrés, dont l'orifice a un diamètre de 0,10 à 0,20 mm. Disons, en passant, que la fabrication de ces tubes exige un tour de main spécial. Le fil tréfilé, visqueux, au sortir de ces orifices capillaires, est plongé dans un liquide approprié, où il se coagule : on peut employer l'eau, les solutions salines ou acides, l'alcool, etc. (On arrive même, grâce à des précautions spéciales, à sécher le fil par un fort courant d'air à la température de 45 degrés centigrades, sans passage dans un liquide), puis le fil est saisi par une pince qui le porte sur une bobine, où il s'enroule ; des guides réunissent plusieurs fils, de cinq à quinze, avant l'enroulement, suivant le denier à obtenir (le denier est l'unité de numérotage des soies ; il correspond à un poids de 0,0531 g pour une longueur de fil de 476 m). Ces fils sont à peine visibles ; néanmoins, l'ouvrière qui surveille les filières voit aisément quand un fil est cassé, grâce au petit amas de collodion qui se forme à l'orifice des tubes ; elle saisit le jet, le tire et le réunit simplement au faisceau. La vitesse du fil varie entre 25 et 50 m à la minute, suivant les numéros. On comprend que les bobines doivent tourner d'une manière absolument régulière, avec une vitesse et un effort de traction aussi constants que possible, de façon à obtenir des fils bien uniformes, et il y a là une difficulté mécanique très sérieuse à vaincre. Le fil en bobine, ainsi obtenu, possède un aspect un peu jaunâtre et tout le brillant de la soie, mais il est éminemment inflammable en raison des composés nitriques qu'il renferme.

Pour atténuer autant que possible ce défaut capital, on fait des écheveaux d'une longueur uniforme, et on les soumet à la troisième opération dont nous avons parlé au début, la dénitration.

Dénitration.

Cette opération très délicate consiste à traiter le fil de nitrocellulose par des solutions de substances réductrices qui le ramènent à l'état de fil de cellulose. De nombreux brevets ont été pris à ce sujet, et les procédés réellement pratiques sont tenus plus ou moins secrets. On emploie, par exemple, comme réacteurs, l'hyposulfite de soude étendu à 40° be, les chlorures ferreux ou stanneux, le sulfocarbonate de potasse, et surtout des sulfhydrates de sodium, calcium, magnésium ou ammonium.

La dénitration, pour être rapide et complète, doit être effectuée à une température variable avec le produit employé, mais généralement aussi basse que possible ; quand elle est terminée, on lave avec soin le fil, puis on l'essore et on le sèche ; enfin, dans un dernier atelier, on procède au lustrage et à la présentation des écheveaux, ainsi qu'au calibrage, opérations analogues à celles que l'on fait subir à la soie naturelle.

Le fil dénitré n'est plus inflammable, il brûle lentement si on approche une flamme, mais il a perdu une partie de son élasticité et de sa résistance, surtout à l'état humide, ce qui est un grave inconvénient auquel on a cherché en vain à remédier jusqu'ici ; de plus, il est légèrement verdâtre. Si l'on veut un fil blanc, on le traite par l'hypochlorite de chaux, lavage, etc.

La teinture s'opère comme celle du coton, avec cette différence que l'on peut employer les colorants basiques sans addition de mordants (1).

Telle est, dans son ensemble, la préparation de la soie Chardonnet ; je ne puis entrer dans le détail des opérations, mais je dois dire qu'il y a dans cette industrie déjà ancienne beaucoup de tours de main que l'ingénieur a appris et qui sont soigneusement cachés.

Ainsi les filtres-presses ont dû être renforcés d'une manière spéciale pour résister à des pressions pouvant aller jusqu'à 50 atm. Les divers monte-jus doivent être manœuvrés avec de grandes précautions pour éviter les accidents. En effet, ils renferment des vapeurs d'éther qu'une manœuvre trop rapide des robinets peut enflammer, par suite du phénomène d'*auto-compression* : de là, explosion dans ces appareils et ruptures, ainsi qu'on l'a malheureusement constaté au début de la fabrication, etc., etc.

Durant ces dernières années, il a été pris de nombreux brevets, dits de perfectionnement, dans le but de diminuer les dangers de la fabrication (dangers d'incendie, en particulier), et surtout de réduire le prix de revient par la récupération au moins partielle des liquides employés ; plusieurs de ces liquides, acide nitrique, alcool, éther, étant fort coûteux, leur récupération amènerait une économie notable que l'on peut chiffrer à 1 f ou 1,50 f par kg de soie ; aussi, les fabricants ont-ils étudié tout

(1) M. Lamy présente un album d'échantillons de soies artificielles teintes en Allemagne par les couleurs basiques, benzidine ou katiguene, ainsi que des échantillons provenant de l'usine de la Société de Chardonnet, à Besançon.

particulièrement cette question ; mais nous croyons que, jusqu'ici, aucun des procédés brevetés n'a donné pleine satisfaction.

Certes le mélange sulfo-nitrique peut être livré à une fabrique d'acide sulfurique, qui l'utilisera dans une tour de Glower : l'acide nitrique contenu se dégage sous forme de vapeurs nitreuses au contact de l'acide sulfureux à haute température et coopère aux réactions des chambres de plomb. C'est là une bonne utilisation, si l'usine est voisine. Le mélange peut servir aussi à décomposer du nitrate de soude ; l'acide nitrique se dégage et se condense en même temps que celui qui provient directement du nitrate.

Enfin on peut, par distillation, séparer l'acide nitrique volatil de l'acide sulfurique.

Ainsi on récupère assez bien les deux acides contenus dans le mélange sulfo-nitrique ; mais il n'en est pas de même de l'alcool et de l'éther, qui sont précisément les produits les plus chers : les essais de condensation des vapeurs de ces éléments volatiles n'ont pas réussi jusqu'ici comme on l'espérait : on récupère une partie de l'alcool, mais pas l'éther.

Quoi qu'il en soit et quels que puissent être les desiderata actuels, la soie Chardonnet, type principal de toutes les soies à base de nitrocellulose, est homogène, uniforme, brillante et suffisamment résistante à l'état sec ; toutefois, à l'état humide, sa résistance laisse encore beaucoup à désirer. Elle a pris une place sur le marché des soies, et ses emplois augmentent tous les jours.

Aussi, cette industrie toute française, je le répète, créée par le comte de Chardonnet, s'est-elle répandue dans plusieurs pays. Des usines exploitant ce procédé ont été installées à Tubize (Belgique), à Bobingen, près Augsbourg, à Kalsterbach et Barmen (Allemagne), à Spreïtenbach et Glattbruch, près Zurich (Suisse), à Sarvar (Hongrie), et tout récemment à Padoue (Italie).

Le succès des produits Chardonnet a naturellement suscité la concurrence : on a cherché d'autres procédés pour préparer une matière textile analogue à la soie, et de très nombreux mémoires ont été publiés à ce sujet ; tous ces procédés emploient la dissolution de cellulose ou de l'un de ses dérivés et la précipitent sous forme de fil dans un milieu qui absorbe ou décompose le dissolvant ; mais beaucoup sont demeurés théoriques et

nous croyons qu'à l'heure actuelle, en dehors de la soie Chardonnet, deux autres catégories de soies sont seules produites industriellement :

1° Les soies à base de cellulose cupro-ammoniacale (soie de Givet, soie parisienne, etc.)

2° Les soies à base de thiocarbonate de cellulose, ou soies viscoses.

Les soies artificielles, basées sur d'autres procédés, telles que les soies à l'acétate de cellulose, les soies à base de caséine ou de gélatine, etc., ne paraissent pas être entrées dans le domaine de la pratique, et nous n'en parlons que pour mémoire.

On a cherché à utiliser la gélatine : la gélatine filée a un aspect agréable qui rappelle celui de la soie; elle peut recevoir les couleurs les plus vives, mais ses qualités sont annihilées par des défauts nombreux : elle se ramollit et se gonfle sous l'action de l'humidité, perd ainsi son éclat et devient légèrement gluante; de plus, elle est d'une grande fragilité; nous pensons que ses partisans ont renoncé à poursuivre leurs recherches en présence des difficultés très grandes auxquelles ils se heurtent.

On a essayé aussi de faire du lin-soie, c'est-à-dire de transformer le fil de lin en fil soyeux par un traitement spécial; la fabrication de ce lin-soie, après un moment de vogue, paraît être peu importante.

Naguère l'emploi du verre filé séduisit les inventeurs et parut donner quelque espoir de réussite; mais cet espoir s'est évanoui.

Enfin, on a essayé, il y a quelques années, d'utiliser le fil d'une araignée d'espèce particulière qui abonde à Madagascar, fil assez analogue à la soie et dont cette araignée produit une quantité relativement considérable; mais l'utilisation industrielle de ce fil n'a pas encore été trouvée et, pour le moment, son étude semble abandonnée.

Après cette digression, revenons aux soies artificielles réellement produites par l'industrie.

Soie artificielle à base de cellulose cupro-ammoniacale.

Sous cette dénomination générale on comprend les soies dites de Givet, Parisienne, d'Ysieux, Glanzstoff, etc. (1) ».

Le principe est le suivant : la cellulose convenablement préparée est dissoute dans une solution ammoniacale de cuivre, puis filée, et précipitée directement au moyen d'un acide sous forme d'un filament n'ayant plus à subir aucun autre traitement chimique; l'opération est donc plus simple que celle du procédé Chardonnet.

On emploie avec avantage, comme matière première, les déchets de coton mercerisés, c'est-à-dire traités pendant deux à trois heures en vase clos par une solution de soude caustique, puis blanchis à l'hypochlorite de chaux, lavés et essorés.

Le coton ainsi préparé se dissout facilement dans une solution cupro-ammoniacale, analogue à la liqueur de Schweizer. Ce réactif a été essayé dès 1884 pour la préparation de la soie artificielle, mais le procédé n'a été rendu pratique qu'en 1897, à la suite d'une série de brevets pris par Pauly, Framery, Urban et Brunner.

La liqueur cupro-ammoniacale peut s'obtenir soit en faisant digérer des hydrates ou des carbonates de cuivre dans une solution d'ammoniaque à 20/21 degrés Baumé, soit en plongeant dans l'ammoniaque des copeaux de cuivre avec insufflation d'air ou d'oxygène.

L'attaque de la cellulose à l'état de coton mercerisé, s'opère à *froid* dans un malaxeur, et il se forme un cellulosate de cuivre, soluble comme tous les sels de cuivre dans l'ammoniaque.

La présence de carbonate ou d'hydrate de cuivre à l'état libre facilite, paraît-il, la solubilité de la cellulose. La solution est passée au filtre-presse garni d'un tissu de toile métallique, puis mise à déposer dans de grands réservoirs. L'oxyde de cuivre qui se dépose sur les filtres est recueilli, et l'ammoniaque qui se dégage est aspirée par des pompes à vide et transformée en sulfate d'ammoniaque.

On procède ensuite au filage ; la matière est refoulée sous une

(1) On a consulté pour ce qui suit les articles de M. Francis J.-B. Beltzer. *Moniteur Scientifique* (septembre 1907 et janvier 1908).

pression de 3 à 4 atm à travers les orifices capillaires de 0,20 mm analogues aux capillaires de Chardonnet.

Les fils semi-fluides sortant de la filière sont immédiatement immergés dans des liquides appropriés qui précipitent la cellulose, soit dans l'eau acidulée à l'acide sulfurique à 30 degrés soit dans la lessive de soude. On emploie de préférence le bain acide pour la soie, et le bain alcalin pour la fabrication du crin (fil unique) qui acquiert ainsi une élasticité beaucoup plus grande. L'emploi de la lessive de soude n'est pas possible pour la soie à cause du trouble produit dans le bain par la précipitation de l'oxyde de cuivre qui empêche le fileur de s'apercevoir quand un brin se casse.

La cellulose précipitée contient de l'oxyde de cuivre et de l'ammoniaque que l'on élimine en rinçant le fil dans l'eau pure, d'une manière méthodique; l'eau la plus concentrée est ensuite traitée pour récupérer le cuivre et l'ammoniaque contenus.

Enfin les fils bien lavés sont séchés sous tension sur leurs bobines, puis portés au degré d'humidification convenable avant d'être flottés; parfois on leur fait subir un léger blanchiment suivant les usages auxquels ils sont destinés.

Ces fils sont brillants et ils se teignent facilement, mais il faut les mordancer au tannin émétique comme le coton, pour pouvoir fixer solidement les couleurs basiques; l'éclat de la fibre ne souffre pas de ce mordançage.

La soie cupro-ammoniacale est très appréciée et peut rivaliser avec la soie Chardonnet; son prix de revient est relativement peu élevé; aussi sa fabrication s'est-elle beaucoup développée depuis quelques années. Elle n'a pas tout à fait le même aspect ni le même poids spécifique que la soie au collodion, ce qui permet de la distinguer assez facilement.

Elles convient bien à certains usages spéciaux; on fabrique notamment :

1° Un crin artificiel brillant et résistant, dit météore, qui a un grand succès et est très employé; on le tresse pour faire des ganses qui servent à la confection des chapeaux;

2° Un crin très fin permettant d'obtenir un tulle de soie;

3° Une grège artificielle, utilisée comme trame et comme chaîne et qui donne une jolie étoffe, gaze ou mousseline de soie (1);

(1) M. Lamy présente des échantillons remis par M. Bloch-Pimentel, administrateur délégué de la Société La Soie Parisienne et provenant de l'Usine de Givet.

Soie viscose, à base de xanthate ou de thiocarbonate de cellulose.

En 1892, Gros et Bavan prirent un brevet pour un nouveau et curieux composé de la cellulose, la thiocarbonate ou xanthate. Ce composé s'obtient en traitant la cellulose sodique ou mercerisée par le sulfure de carbone. Le produit de la réaction est soluble dans l'eau et les liqueurs alcalines, et la solution a reçu le nom de *viscose*; on la file directement.

Au sortir de la filière, le filament est plongé dans un bain composé d'acide sulfurique, sulfate d'ammoniaque et sulfate de soude (1).

Le thiocarbonate est décomposé, et on régénère une cellulose très hydratée qui constitue le fil.

Après cet exposé théorique du procédé, disons quelques mots de la préparation pratique.

La matière première employée est la pâte de bois au bisulfite; on la mercerise, c'est-à-dire qu'on la traite par une lessive de soude caustique; puis la cellulose sodique obtenue, après un mûrissement dans une salle à température constante, est déchiquetée au moyen de meules ou d'appareils spéciaux, et traitée en vase clos (barattes ou mélangeurs pétrisseur) par du sulfure de carbone (40 kg de sulfure pour 100 kg de cellulose). L'appareil est à double enveloppe afin de permettre une circulation d'eau qui maintient le mélange à une température *constante* et *régulière* de 20 degrés centigrades environ. Au bout de quelques heures la réaction est terminée; on malaxe alors la matière dans une lessive de soude froide jusqu'à dissolution complète: après filtration pour enlever les filaments ou fibres de cellulose qui auraient pu échapper à la transformation, la matière est abandonnée à elle-même dans des réservoirs où elle *murit* et où les bulles d'air contenues s'éliminent. Lorsque le mûrissement est suffisant c'est-à-dire lorsque le xanthate dissous s'est polymérisé (une analyse permet de suivre cette transformation) la viscose est envoyée à la filature.

La composition de cette viscose peut varier de 7 à 10 0/0 de cellulose et de 6 à 8 0/0 de soude.

(1) Brevet Müller 1907.

Les tables de filature ou appareils Topham sont disposées par doubles séries de 25 à 30 et comprennent une pompe à débit régulier qui refoule la solution sous une pression très faible à travers une petite filière en platine percée de trous microscopiques (0,10 mm) ; le nombre en est variable suivant le denier à produire (le denier est l'unité du numérotage).

Les filières sont immergées dans le bain coagulant, chauffé à 50 degrés ; le fil, au sortir de ce bain est enroulé avec une certaine torsion dans une boîte-turbine, puis dévidé et mis en écheveaux. Ceux-ci sont d'abord lavés à l'eau et séchés sous tension à une température inférieure à 80 degrés, de façon à éliminer l'eau de l'hydrate de cellulose ; ensuite passés dans une solution tiède de sulfure de sodium pour débarrasser le fil du soufre qui l'imprègne et lui donne un aspect rigide avec une couleur jaunâtre. Enfin, on lave et on fait subir un léger blanchiment par passage à l'hypochlorite de soude, l'eau aciduée, l'eau pure.

Toutes ces opérations peuvent s'effectuer sans interruption sur une machine du système Dehaitre ; c'est-à-dire que les écheveaux placés sur leurs gindres sont plongés successivement dans des barques contenant les différents bains (sulfure, eau, hypochlorite, acide, savon, eau.) La désulfuration et le blanchiment peuvent être supprimés quand le fil est livré à l'industrie pour être teint en noir (teinture par les noirs au soufre) ; enfin le fil est essoré, séché, trié et numéroté avant d'être empaqueté.

La soie viscose est insoluble dans l'eau, et elle se teint facilement comme la soie Chardonnet. Comme les autres soies artificielles aussi, elle perd sa résistance à l'humidité et n'a sur elles, au dire des producteurs, que l'avantage d'être plus économique.

Si le procédé de la viscose n'a pas réalisé jusqu'ici les espérances très grandes que l'on avait fondées sur lui à ses débuts, il se perfectionne néanmoins tous les jours, et il commence à entrer en concurrence avec les deux autres procédés décrits (1).

La soie artificielle, quel que soit le mode employé pour l'obtenir, n'a, à l'état sec, qu'une résistance moitié environ de celle de la soie naturelle ; quand elle est mouillée — nous l'avons répété — sa résistance diminue beaucoup et devient très faible.

Le tableau ci-dessous indique les résistances au sec et au mouillé :

1 M. Lamy présente des échantillons remis par M. Defaucamberg, administrateur-délégué de la Société Française de la « Viscose ».

Résultats dynamométriques comparatifs.

entre les différentes soies prises à l'état sec et à l'état mouillé.

	Sèche		Mouillée	
	élasticité (1)	ténacité	élasticité	ténacité
	—	—	—	—
Soie Chardonnet (90 deniers).	10	145 g	8	40 g
Soie de Givet (120 deniers) .	14	131	9	40
Soie viscose (130 deniers). .	10	146	8	38
Soie sthénose (130 deniers).	8	200	8	100
Soie naturelle	18	300	18	300

Résumé : soie artificielle.

Allongement moyen	10 à 12 0/0
Ténacité moyenne	1,1 à 1,3 par denier

Ce grave défaut a préoccupé tous les fabricants, et, pour y remédier, on a proposé bien des moyens et essayé d'incorporer aux solutions de cellulose les corps les plus variés. On a peut-être obtenu quelque amélioration, mais rien de bien satisfaisant en pratique.

Des essais ont été tentés pour revêtir la soie d'un apprêt hydrofuge tel que la gélatine insolubilisée, l'albumine coagulée, le celluloïd, mais sans succès.

On dit cependant que le procédé de M. Eschalier, de Lyon, appelé sthénosage (2), a donné de bons résultats ; il est applicable, paraît-il, à toutes les soies, mais de préférence aux soies viscoses.

Il consiste à traiter dans certaines conditions physiques les fils de soie par la formaldéhyde ou formol, en présence d'agents convenables de condensation. L'aldéhyde formique produit probablement sur la cellulose l'action qu'il exerce sur les matières albuminoïdes (gélatine, caséine) ; mais je n'entrerai pas dans les considérations savantes qui ont pu être émises à ce sujet. (Voir *Moniteur* du docteur Quesneville, janvier 1908, art. de M. Beltzar).

(1) C'est-à-dire l'allongement 0/0.
(2) Brevet du 21 janvier 1907.

Quoi qu'il en soit, voici comment on opère : On passe les écheveaux de soie viscose dans un bain formé de :

Formaldéhydè à 40 0/0,
Alun de potasse,
Acide lactique à 80 0/0,
Eau.

puis on les essore, et on les étend dans un séchoir chauffé à 35 à 40 degrés centigrades et contenant, dans une cuvette de plomb, de l'acide sulfurique concentré comme matière déshydratante ; enfin on les lave à grande eau et on les sèche à nouveau.

Les fils ainsi traités sont brillants, et acquièrent, paraît-il, par le sthénosage une résistance à l'état mouillé à peu près égale à celle qu'ils avaient à l'état sec.

En dehors du sthénosage appliqué aux fils obtenus par les autres procédés, on fabrique, ou du moins on essaie de fabriquer, sous le nom de soie sthénose, une soie à base de viscose, à laquelle on fait subir le sthénosage en cours de fabrication.

Nous ne croyons pas que ce procédé soit réellement entré dans le domaine de la pratique ; aussi faisons-nous toutes réserves, jusqu'à plus ample informé, sur les grands avantages qu'il prétend réaliser.

Pour nous résumer, on produit actuellement, par divers procédés des filaments soyeux analogues à la soie qui peuvent pour certains usages, se substituer à la vraie soie ; ils ont moins de souplesse, un toucher différent, mais plus de brillant ; leur défaut capital est d'être moins résistants, surtout à l'état humide ; ils reprennent d'ailleurs assez vite leur solidité et leur brillant en séchant. Un autre inconvénient est leur poids spécifique supérieur de 10 0/0, ce qui cause à l'emploi pour un même poids une diminution de recouvrement assez sensible ou, ce qui revient au même, il faut employer une quantité supérieure de soie artificielle pour obtenir le même effet qu'avec la soie naturelle. Le brin unitaire de soie naturelle titrant 2 à 3 deniers, le même brin de soie artificielle titre 7 à 8 deniers.

La soie naturelle est un article de première nécessité : sa beauté et ses qualités toutes spéciales lui ont assuré et lui assureront toujours des emplois nombreux, quelles que soient les fluctuations de la mode.

La production mondiale est estimée à une trentaine de millions de kilogrammes, dont 20 millions livrés à l'industrie. La France récolte seulement 605,000 kg avons-nous dit au début, et

elle en demande à l'étranger, Japon, Chine et Italie, environ 3 500 000 kg ; elle consomme donc pour l'alimentation de ses usines plus de 4 millions de kilogrammes de soie grège.

Production mondiale de la soie (1).

A. — *Soies mises à la disposition de l'industrie en 1906.*

1° Récolte de l'Europe occidentale :

France	605 000 kg
Italie	4 745 000
Espagne	56 000
Autriche-Hongrie	344 000
TOTAL	5 750 000 kg

2° Récolte du Levant et de l'Asie centrale :

Turquie d'Asie	1 000 000 kg
Turquie d'Europe	250 000
Balkans	180 000
Grèce et Crète	80 000
Caucase	395 000
Perse-Turkestan	580 000
TOTAL	2 485 000 kg

3° *Exportations* de l'Extrême-Orient :

Chine	5 830 000 kg
Japon	5 800 000
Indes	295 000
TOTAL	11 925 000 kg

B — On peut estimer, en outre, la consommation *intérieure* de la Chine et du Japon à 10 millions de kilogrammes.

Récapitulation.

Europe Occidentale	5 750 000 kg
Levant et Asie centrale	2 485 000
Exportations Extrême-Orient	11 925 000
Emplois Extrême-Orient	10 000 000 ?
TOTAL	30 160 000 kg

pour la production mondiale.

(1) Extrait du rapport de MM. G. Grandgeorge et L. Guérin à la Commission permanente des valeurs en douane. « L'industrie textile en 1906. »

Or, d'après les chiffres approximatifs que j'ai pu me procurer, la fabrication de la soie artificielle atteindrait ou dépasserait même 3 millions kg se répartissant comme suit :

Soie nitrocellulose (Chardonnet) .	1 200 000 à 1 500 000 kg	
— Cupro-ammoniacale (Givet).	1 000 000 à 1 200 000 —	
— Viscose	400 000 à 500 000 —	

Les prix de revient sont soigneusement cachés et difficiles à obtenir; en admettant une marche *régulière* des usines, j'insiste sur ces mots, on arrive aux chiffres approximatifs suivants :

Soie nitrocellulose de. . . .	13 à 15 f le kg
— Cupro-ammoniacale de.	11 à 13 —
— Viscose de	9 à 12 —

La soie Chardonnet est la plus coûteuse pour les raisons que nous avons données (matières premières chères, qui sont incomplètement récupérées), mais la main-d'œuvre est plus facile et l'expérience déjà plus longue ; de sorte que, finalement, je suis enclin à penser que son prix de revient *normal* est peu supérieur à celui des autres procédés, et il pourra être abaissé.

Les prix de vente oscillent entre 16 et 25 f le kg soit 20 f en moyenne pour l'écru ; il faut ajouter les frais pour façons d'assemblage ou de torsion, et pour la teinture, ce qui, finalement, pour les 3 millions produits réprésente une valeur de 70 à 80 millions f.

La soie naturelle se cote à des prix très variables suivant qualité, depuis 10 f pour le tussah de qualité inférieure jusqu'à 50 f le kg pour la soie extra. Le coût moyen de la bonne soie est de 35 f le kg (notons en passant que les prix ont beaucoup fléchi à Lyon depuis quelques mois).

La France fabrique par an de 5 à 600 000 kg de soie artificielle quelle consomme en majeure partie.

Elle a exporté en 1906 :

60 000 kg de fils artificiels;
40 000 kg de tissus artificiels.

L'Allemagne est la grande productrice, et elle achète en outre à ses voisins, les Suisses et les Belges, une partie de leur production ; elle teint, puis utilise elle-même ou exporte les fils dans tous les pays du monde, en particulier dans l'Amérique du Nord.

Actuellement on emploie la soie artificielle pour fabriquer les rubans, les garnitures et galons, les lacets de luxe, les crins, certaines dentelles, la tapisserie et des étoffes variées pour doublures, en mélange avec la soie, la laine et le coton.

Vous avez sous les yeux de très nombreux échantillons.

On a essayé aussi de faire des étoffes d'ameublement, des ornements d'Église, etc. en mélange avec la vraie soie.

Voici de très beaux échantillons d'étoffes trame soie artificielle Tubize, chaîne coton ou vraie soie qui sont fabriquées à Ath (Belgique) et m'ont été confiées par M. Henry Groux, de Paris.

La consommation se développe, mais peut-être pas aussi vite que le désireraient les fabricants qui font, d'ailleurs, de louables efforts pour se créer de nouveaux débouchés.

La soie artificielle n'aura certes jamais la prétention de détrôner la soie naturelle, ni même de l'égaler, mais seulement de se substituer à elle pour divers usages auxquels elle se prête bien, malgré les défauts que j'ai signalés, en raison de son brillant et de son prix avantageux quoique encore un peu trop élevé.

Vienne cependant le jour où on pourra lui donner une densité, une souplesse et surtout une résistance à peu près équivalente à celle de la vraie soie, alors, mais alors seulement les usages se multiplieront et, sans remplacer, je le répète, la soie naturelle qui sera toujours plus belle, la soie artificielle pourra être employée concurremment avec elle, pour une foule d'articles, surtout pour les articles bon marché, et cela au grand avantage des consommateurs.

Il faut espérer que les recherches qui sont faites de tous côtés par de savants Ingénieurs aboutiront à cet heureux résultat.

THÉORIE ET PRATIQUE

DES

VOIES FERRÉES FUTURES

PAR

M. L. SCHLÜSSEL

SOMMAIRE.

I. Exposé de la théorie; état des voies ferrées actuelles.

II. Étude des déformations permanentes des voies, en vue de leur limitation en déformations élastiques utiles et nécessaires, ne changeant pas les conditions d'établissement des rails, des traverses, des attaches et des ballasts (support complet).

III. Étude des mouvements des voies, conséquence des déformations permanentes de leurs organes constitutifs.

Explication du cheminement:

— surécartement des voies courbes;

— rétrécissement des voies en alignement;

— chocs aux joints des rails.

Moyens d'y remédier en substituant à la masse faible et indépendante du rail, la masse totale du rail, des traverses et du ballast, par l'adhérence donnée préalablement au rail sur ses traverses, et à ces dernières dans le ballast par l'augmentation de ses surfaces de contact.

IV. Examen de quelques moyens employés par les Compagnies pour combattre les déformations permanentes.

Le coin Barberot.

Les trénails et leurs succédanés.

Les semelles élastiques.

Les cales en fer.

Insuffisance de ces moyens.

V. CONCLUSIONS.

La défectuosité du mode d'attache des rails sur leurs traverses, anssi bien dans les voies à coussinets que dans les voies à patin, ne permet pas aux voies ferrées actuelles, parcourues par des charges animées de vitesse, de conserver la forme qui leur est donnée lors de leur établissement.

Rechercher les moyens de réduire les déformations permanentes qui s'y produisent, en limitant ces dernières à des

déformations élastiques ne changeant pas les conditions d'établissement des voies, tel est le but que nous nous sommes fixé.

La limitation des déformations actuelles est donc le point de départ de la théorie que je vais avoir l'honneur de développer, en me basant sur la proposition suivante : *La conservation d'un système matériel quelconque, soumis à des influences extérieures, dépend de la grandeur de ses déformations.*

Quand le système répond aux besoins de son établissement, il est capable de résister à toutes les influences qui le sollicitent ; ses déformations sont élastiquement limitées par la résistance pratique des matières qui le composent, et ce n'est que lorsque ces limites sont dépassées, qu'il y a déformation permanente de ses éléments, c'est-à-dire déplacement relatif de ses organes constitutifs, c'est-à-dire destruction du système matériel.

Or, les voies ferrées sont des systèmes matériels ayant pour but de supporter et de guider les charges roulantes ; leurs conditions d'établissement doivent donc leur permettre d'absorber, en les transmettant au sol fixe, toutes les actions vives créées par ces charges.

Il faut, pour cela, que les mouvements des voies soient limités aux seules déformations élastiques ne modifiant en rien les conditions de leur établissement.

Ces mouvements limités seraient alors des résistances utiles et nécessaires, ce sont les seuls dont les voies devraient être animées ; ces mouvements seraient la caractéristique de leur vigueur et de leur conservation, car ils ne prendraient leur force de résistance qu'en elles-mêmes, c'est-à-dire dans la masse totale du système, masse composée d'éléments divers, mais liés entre eux par une âme que nous appellerons l'adhérence ou la cohésion.

Malheureusement, il n'en est pas ainsi dans les voies ferrées actuelles, parce que la liaison intime du rail, des traverses et du ballast n'existant que sous la pression verticale des charges, la masse totale de la voie reste ainsi décomposée dans les voies libres, en masses partielles insuffisantes pour résister à elles seules aux influences extérieures.

Le rail, qu'on a rendu instinctivement aussi lourd qu'un emploi pratique le permettait, est trop faible encore ; la traverse, insuffisamment rigide, augmente les déformations des rails en laissant ceux-ci glisser et se déverser dans tous les sens, faute d'attaches suffisamment résistantes ; les mouvements des tra-

verses dans le ballast ne peuvent être limités judicieusement faute de surfaces d'appui en rapport avec les pressions qu'elles transmettent à des matériaux dont on ne peut faire varier la résistance avec l'importance des charges de rail.

Ces masses partielles réagissent alors les unes sur les autres, se choquent, glissent et se déplacent ; le système matériel ainsi déformé, réagit à son tour sur les bandages, dans tous les sens, en créant de nouvelles actions vives inutiles que les rails transmettent en les multipliant.

Dès lors, l'entretien des voies ne se borne plus au rattrapage des jeux et à la lutte de la matière contre le temps, mais à un travail continu de remplacement d'organes déformés d'une manière permanente avant le temps normal de leur usure régulière.

C'est ainsi que les Compagnies de chemins de fer empêchent la destruction des voies.

Et c'est en recherchant dans les voies elles-mêmes les causes de leurs déformations permanentes, que nous trouverons les moyens de les limiter élastiquement.

Cette limitation est donc pour nous le fond de la question et l'unique objectif de notre théorie.

Les recherches de ce genre ont déjà donné lieu à des études nombreuses, à des observations comparatives, à des discussions générales dont les résnltats sont consignés dans le Bulletin du Congrès international des chemins de fer, base de toute étude sérieuse des voies ferrées, mais il semble bien qu'il y ait tendance générale à limiter ces recherches aux parties des voies supportant directement les charges, alors que le siège principal des déformations provoquées par les actions dynamiques paraît être dans les parties libres des voies situées en avant et en arrière des charges roulantes.

Zimmermann, Flamache et Huberti, Couard et plus récemment M. Cuénot, ont bien abordé l'étude des voies libres, mais leurs observations sont limitées généralement aux déformations verticales, les autres sont peu étudiées.

Or l'importance des déformations qui se produisent horizontalement dans les parties libres et voisines des charges en mouvement est cependant des plus considérables, car, si les charges verticales communiquent aux rails chargés une adhérence naturelle et aux traverses intéressées une fixité relative en les enracinant momentanément dans le ballast, par contre, les rails

et les traverses non chargées situés en avant et en arrière des trains, subissent des déplacements transversaux, d'autant plus importants que ces traverses sont déracinées et soulevées par le rail lui-même comme on le verra dans la suite.

Les voies ferrées étant établies pour supporter et guider les charges roulantes, l'idéal d'une voie serait qu'elle fût capable d'absorber élastiquement, d'une façon continue, sans chocs ni bruits, c'est-à-dire également en tous ses points, les actions vives créées par le mouvement des charges.

Une pareille absorption donnerait, on le conçoit, un roulement doux que nous ne connaissons pas, mais dont nous pouvons cependant nous faire une idée par la seule amélioration des effets que nous éprouvons dans les trains les mieux conditionnés actuellement en service ; c'est-à-dire les chocs des roues qui permettent de compter les joints des rails, les oscillations continuelles dans le sens transversal, les secousses brutales et les bruits assourdissants dont l'impression est assez profonde pour durer en nous quelque temps après leur cessation.

Ces mouvements inutiles, ces chocs, ces bruits n'ont rien de commun avec les mouvements utiles et nécessaires que nous indiquions tout à l'heure.

Or, nous savons tous à quoi nous en tenir sur ce sujet : c'est du travail perdu.

Et pourquoi ?... parce que les voies se déplacent dans tous les sens, et qu'on n'est pas encore parvenu à limiter la grandeur des déformations qui provoquent les glissements et les déversements des rails sur leurs supports.

Est-ce donc là une impossibilité ?

Personne ne l'admettra ; des problèmes autrement ardus et compliqués ont été résolus, et si celui qui nous occupe ne l'est pas encore, il faut en rechercher les véritables raisons, croyons-nous, dans la simplicité d'emploi du tirefond.

Les voies établies à l'origine sur des bases insuffisantes, ne se sont pas transformées en raison des besoins.

Nous allons aborder les déformations des voies en vue de leur limitation : nous les classerons en déformations des rails, des traverses, des attaches et du ballast.

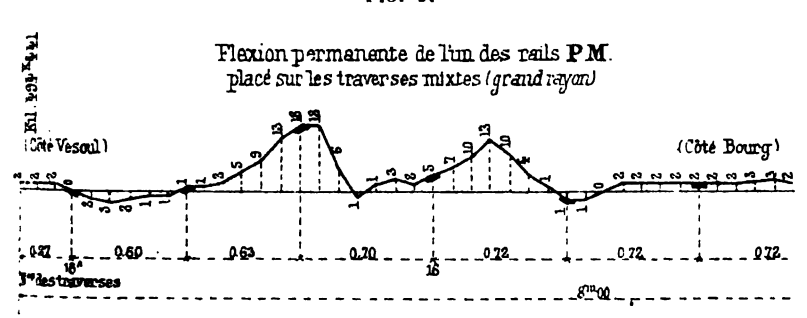
Les diagrammes que nous avons utilisés sont empruntés en grand nombre à l'ouvrage de M. G. Cuénot, sur les déformations des voies ; toutes les déformations n'y figurent pas, et en particulier les déformations horizontales, mais la valeur de ces docu-

ments, d'autant moins suspects pour notre thèse qu'ils n'ont pas été relevés par nous et que nos déductions sont souvent différentes de celles de M. Cuénot ; la valeur de ces documents, dis-je, est indiscutable tant par leur précision et la concordance du grand nombre des observations faites que par les vérifications qu'elles permettent (1).

Déformations des Rails.

La figure 1 représente à une échelle amplifiée les déformations permanentes d'un rail de 8 m ayant subi le passage d'un grand nombre de trains ; mais ce rail n'était pas hors d'usage

Fig. 1.



quand on a relevé ses déformations, puisqu'il a servi par la suite à des expériences qui ont duré plusieurs années sur une ligne très fréquentée.

Ce rail du type P M, pèse 39 kg au mètre courant ; les déformations que vous constatez sur ce rail à patin proviennent de flexions ayant dépassé la limite extrême d'élasticité du métal par suite de l'enfoncement trop considérable de traverses ne présentant pas une surface d'appui assez grande pour la résistance du ballast.

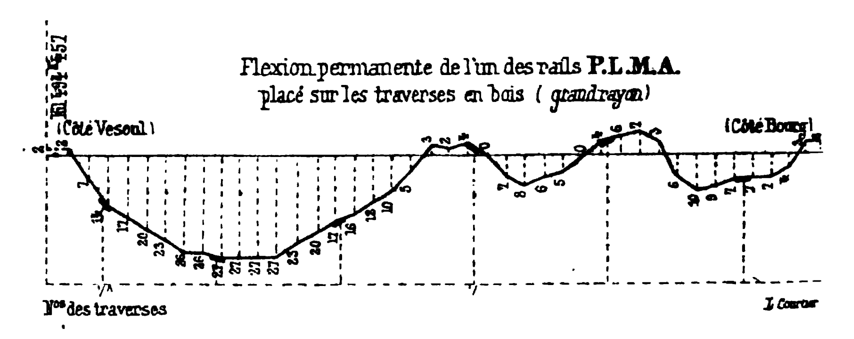
Les déformations permanentes relevées dans le sens vertical seulement, ne dépassent pas 30 dixièmes, mais on aura une idée de cette grandeur si on la compare aux aspérités de

(1) Ces planches faciles à reproduire en projection ne peuvent matériellement figurer dans le texte de cette nommunication vu leur importance et leur nombre ; nous nous bornerons donc ici à donner un seul extrait de chacune des planches, l'ensemble sera donné en projection lors de la conférence qui suivra.

2 dixièmes dont la succession à des intervalles de 3 cm, produit sous les trains de vitesse des sonorités désagréables qu'on se propose d'empêcher par un rabotage des rails.

La figure 2 est encore un exemple du même genre, mais le rail du type PLMA est du poids de 34,500 kg seulement ; sa

Fig. 2.



moindre rigidité explique que sous les mêmes charges ses déformations soient plus élevées.

Ce qui nous intéresse, en dehors de la grandeur de ces déformations, de leur variation et de leur multiplicité sur une si faible longueur, c'est leur permanence ; elle démontre que ces rails d'usage courant sur une voie importante (Dijon à Pontarlier) ont eu à supporter des efforts trop considérables pour leur forme et leur matière ; que chacune de ces déformations a déterminé dans la suite et aux passages successifs de toutes les roues d'un train, la création d'actions vives inutiles s'ajoutant à la somme déjà considérable de toutes celles qui, ne pouvant être absorbées par la masse de la voie, se propagent dans le rail en s'y multipliant.

Si l'on considère la somme possible de toutes les forces perdues sur ce rail, somme qui se répètera autant de fois qu'il y aura de rails parcourus, on ne sera pas étonné d'apprendre alors que, suivant l'état plus ou moins rigide des voies actuelles. les efforts dynamiques verticaux varient entre 1,2 P et 2,4 P, — P étant la charge statique qui les engendre, et sachant que dans ces évaluations, obtenues pratiquement, ne figurent pas les actions vives transversales et longitudinales, vous vous rendrez compte alors que la moitié au moins du travail de traction est dépensée à faire déplacer — démolir n'est pas de trop — les voies

par le matériel roulant et vice versa, ce qu'il serait avantageux d'empêcher.

Pour remédier à cet état de choses ruineux, on doit certainement souhaiter une amélioration du matériel roulant, mais c'est à la voie surtout, qui est faite pour supporter et guider ce matériel, qu'il faut, à notre avis, donner la résistance qui permettra au rail de ne pas dépasser la limite pratique de son élasticité propre, en réduisant les enfoncements anormaux des traverses, ce que nous chercherons dans la suite.

Ces rails, qu'on ne peut accuser de faiblesse, puisqu'il suffisait d'en réduire les enfoncements par une augmentation suffisante des surfaces d'appui, ont été remplacés sur les grandes artères du PLM, par des barres plus longues, pesant 52 kg au mètre courant.

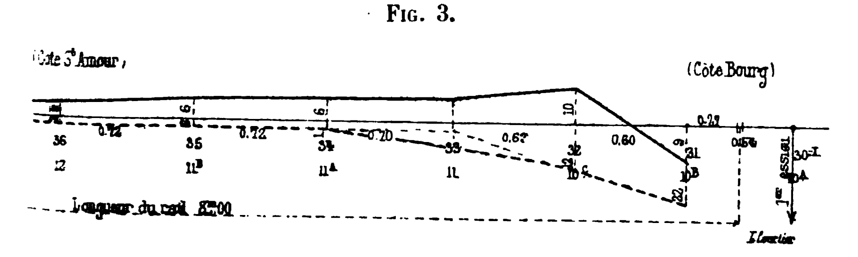
Cette substitution dans l'état actuel des voies, et question d'économie à part, présente l'avantage d'augmenter la masse indépendante du rail et de diminuer les déformations permanentes, mais non de les supprimer.

Du reste, le rail, dans les voies, est la partie constitutive qui a le mieux suivi les besoins ; grâce au concours de l'industrie privée, les grandes aciéries en ont amélioré la matière dans le sens d'une homogénéité qui a diminué de beaucoup le nombre des ruptures, mais pas encore les inégalités d'usure.

Le poids de 50 kg environ est un maximum généralement admis pour le rail à patin, mais ce poids ne paraît limité actuellement que par les difficultés d'un emploi pratique en barres longues ; ce poids sera donc susceptible de diminution au profit des longueurs de rail, dès qu'à la masse partielle de ce rail sera substituée la masse totale de la voie.

La figure 3 représente l'une des déformations les plus inté-

FIG. 3.



ressantes des rails, car elle est constatée sur les voies libres ; c'est la succession des déformations verticales produites sur les

rails à l'approche du premier essieu d'une charge roulante : on l'appelle en France, mouvement ondulatoire.

Pour éviter les difficultés d'observations faites en vitesse, c'est à l'état statique que ces phénomènes ont été observés.

On a fait avancer successivement au droit des traverses d'une voie le premier essieu d'une locomotive et relevé les déformations des rails en avant de cet essieu ayant séjourné au moins dix minutes sur la traverse, afin de laisser au ballast le temps de se serrer et d'atteindre son maximum de compression.

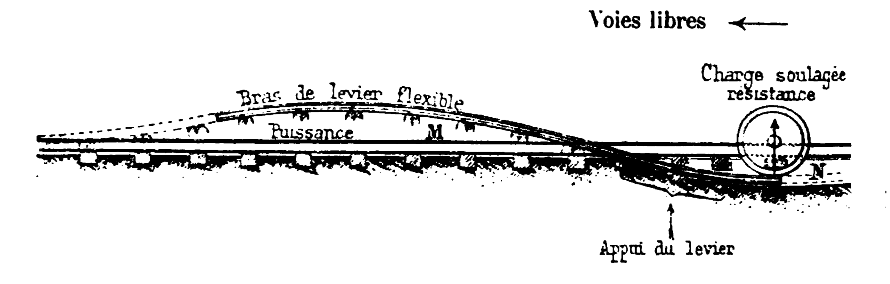
Comme on peut le constater, en avant des charges roulantes les rails se déforment.

D'après les observations de M. Couard, à six mètres en avant de la traverse chargée, le rail commence à se soulever ; à trois mètres, son soulèvement est maximum : le rail s'infléchit alors en sens inverse ; à deux mètres, il commence à s'enfoncer dans le ballast, son maximum d'enfoncement étant atteint généralement sous la traverse chargée.

L'explication que nous croyons pouvoir donner à ces mouvements est la suivante *(fig. 3 bis)* :

Fig. 3 *bis*.

Ondulation verticale de rail, amplifiée 10 fois.



Note. — De (M) à (N) le gauchissement du rail transforme son patin en un véritable soc de charrue ; sous l'action des charges dynamiques les tire-fonds intérieurs des voies libres sont labourés.

Le rail des voies libres est un levier long et flexible, véritable anspect ayant son point d'appui sur les traverses voisines des charges ; cet anspect soulage la charge de tout le poids possible du rail, des traverses et des frottements de soulèvement dans

le ballast qui se peuvent produire de l'autre côté du point d'appui, c'est-à-dire avec une force égale à $\frac{G-P.}{2}$

Les rails des voies libres supportent ainsi et toujours une partie des charges ; ils subissent donc, à distance, l'influence des charges dynamiques.

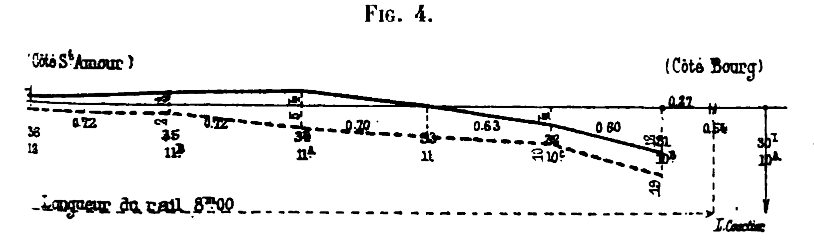
Dans les expériences de M. Couard, la partie du rail formant levier avait six mètres de longueur, mais il est bien évident que ces actions sont fonction des charges et des surfaces d'appui, du poids et de la rigidité des rails, du poids et de la rigidité des traverses, ainsi que de la qualité et de l'épaisseur du ballast, voire même de la résistance du sol.

Il est non moins évident que ce mouvement ondulatoire vertical se complique, dans la réalité, de tous les mouvements qui se produisent à l'extrémité d'un levier qui soulage une charge en mouvement.

Le mouvement réel du rail n'est donc pas une simple flexion verticale, mais un mouvement de flexion dans les deux sens, c'est-à-dire une torsion produisant le gauchissement du rail dans toutes ses parties et en particulier celui de son patin, qui le transforme ainsi en un véritable soc de charrue soulevant successivement tous les tire-fonds intérieurs des voies libres, à l'approche des charges roulantes animées de mouvements transversaux.

La figure 4 représente le même genre de déformations

FIG. 4.



mais sur le rail extérieur d'une courbe de 600 m de rayon et présentant un exhaussement de 83 mm.

Bien que relevées seulement dans le sens vertical, ces observations sont des plus utiles parce qu'elles permettent de comparer sur une voie libre :

1° Les enfoncements de rails semblables et dans un même ballast, mais sous les charges d'un essieu de 11 t appuyant différemment sur le grand et le petit rayon de la même voie ;

2° De répéter les mêmes observations dans des conditions analogues, mais avec un rail plus fort et des traverses plus rigides.

3° Enfin de comparer entre eux les résultats acquis sous la charge totale de ce même essieu dans les deux cas.

Les traits pleins des figures 3 et 4 permettent en effet de déterminer les enfoncements unitaires de traverses en bois de 2,60 m, bourrées sur toute leur longueur et chargées inégalement sur le grand et le petit rayon de la courbe faite en rails de 34,500 kg.

Alors que les traits pointillés des mêmes figures 3 et 4 permettent les mêmes observations, mais avec traverses courtes, trois fois plus rigides, bourrées sur 1,40 m seulement et supportant un rail plus fort et plus rigide, pesant 39 kg.

Pour déterminer ces enfoncements unitaires, nous avons toujours considéré la partie des rails appuyée jusqu'à leur point de sortie du ballast et, à défaut de ce dernier, jusqu'au point d'inflexion ; nous avons ensuite divisé la somme des enfoncements relevés par celle des surfaces d'appui des traverses intéressées.

Ce sont donc bien des enfoncements unitaires comparatifs relevés sur voies libres d'une manière identique :

1° Pour rail faible et traverses peu rigides ;

2° Pour rail fort et traverses trois fois plus rigides.

On trouvera le détail de ces calculs aux annexes 1 et 2.

Je me borne ici à l'indication des résultats et à leur discussion.

Les observations de M. Cuénot donnent les résultats que l'on vient de voir. Discutons ces résultats d'abord pour le rail faible et les traverses peu rigides, traits pleins des figures 3 et 4.

Le côté petit rayon où la charge statique est le plus élevée donne l'enfoncement le plus faible, 1 176 contre 1 793 ; c'est une anomalie qui ne peut s'expliquer que par une résistance plus grande du ballast à cet endroit plus éloigné de la surface supérieure et de l'accotement de cette plate-forme; or l'observation justifie complètement cette différence, car les trépidations suffisent pour détruire l'équilibre des matériaux composant la couche supérieure des plates-formes de ballast.

Passons maintenant au rail fort et aux traverses rigides, traits pointillés des figures 3 et 4.

Le côté petit rayon et le côté grand rayon donnent des enfoncements égaux 2635 et 2632, malgré la différence des charges;

ici encore, l'élasticité du ballast est plus élevée du côté de l'accotement, puisqu'une plus faible charge a donné un enfoncement égal.

Ces deux observations prouvent donc que le ballast s'est comporté de même façon dans les deux cas, et que l'emploi de rails et traverses plus rigides régularise le travail du ballast sans le diminuer; elles prouvent encore que le bourrage gagne à être enfoncé lui-même et éloigné des accotements; il y a donc avantage à le concentrer autour des appuis suivant l'expression même de M. Cuénot.

Comparons maintenant les moyennes des enfoncements unitaires dans les deux cas; ces moyennes résultent d'une charge d'essieu identique et semblablement placée; elles sont donc bien comparables et donnent :

1 484 pour bourrage sur 2,60 m de longueur;

2633 pour bourrage sur 1,40 m seulement.

L'avantage des enfoncements faibles étant obtenu par le rail faible et les traverses peu rigides, lesquelles font travailler le ballast dans de plus mauvaises conditions que le rail fort et les traverses plus rigides, ainsi que nous venons de le voir, une différence aussi importante ne peut se justifier que par la différence des surfaces d'appui.

Or, en comparant ces enfoncements à la longueur des bourrages, nous trouvons que $\frac{1\,484}{2633} = \frac{1,4}{2,6}$, ce qui indique que ces enfoncements unitaires doivent être inversement proportionnels aux surfaces d'appui.

Enfoncement des rails.

Rail faible et traverses peu rigides :

Résultats	Côté petit rayon. . . .	1 176	Moyenne. . .	1 484
	Côté grand rayon . . .	1 793		

Rail fort et traverses trois fois plus rigides :

Résultats	Côté petit rayon. . . .	2 635	Moyenne. . .	2 633
	Côté grand rayon . . .	2 632		

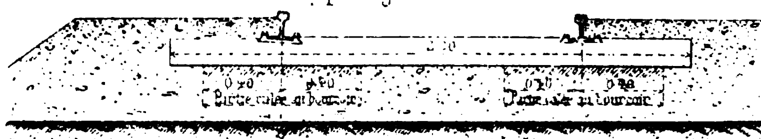
NOTE. — Un rail plus fort et des traverses plus rigides répartissent mieux les charges.

Le bourrage gagne à être éloigné des surfaces extérieures du ballast.

Cette vérification, faite à l'aide d'observations nombreuses puisqu'elles intéressent les enfoncements de 67 traverses côté petit rayon et 72 traverses côté grand rayon, est d'une importance capitale, car elle a été obtenue sur des voies libres, par des

Traverse en bois calée normalement *(voie sans dévers)*

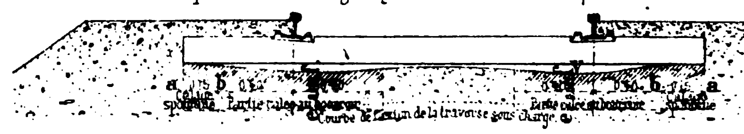
Disposition du calage lorsqu'il vient d'être fait et avant le passage d'aucun train.



Plateforme

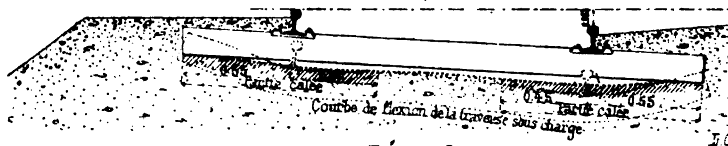
Traverse en bois calée normalement *(voie sans dévers)*

Disposition du calage après 500 trains de fréquentation.



Traverse en bois calée normalement *(Voie en dévers de 0m083 Rayon 600)*

Disposition du calage après 500 trains de fréquentation.



Légende.

Les hachures indiquent les parties du lit de pose calées par un bourrage à la batte
Les parties non hachurées sont simplement garnies de ballast non comprimé à la batte
Les parties **ab** se calent spontanément après peu de temps de pose.
La ligne pointillée est la courbe de flexion maximum de la traverse sous charge
Il existe au repos, entre la face inférieure de la traverse et le lit de pose en ballast un vide **v** en forme de cuvette sur laquelle vient se mouler au moment de la charge la face de cette traverse qui continue à descendre jusqu'à la ligne pointillée. Ce vide varie de 1/4 de millimètre à 1 millimètre suivant la nature du ballast. La flexion sous la charge **ef** est en moyenne de 2 millimètres pour la voie **P.M** posée à **L + F**.

moyens pratiques qui prouvent, contrairement aux déductions de leur auteur, que *l'augmentation de la rigidité des rails et des traverses* n'a rien de commun avec la limitation des enfoncements; elle les régularise, comme cela est visible à la seule inspection

des clichés 3 et 4, mais elle ne les diminue pas, car ces enfoncements obéissent aux lois générales de la compression des matières, lorsqu'ils se produisent, comme dans les voies ferrées actuelles, sur un support (ballast et sol) convenablement préparé et en service depuis quelque temps.

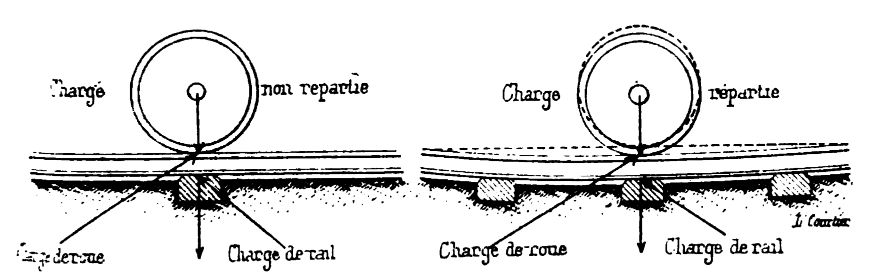
Le ballast et le sol peuvent donc être assimilés à une matière élastique, dès que les surfaces en contact des matériaux qui la composent sont assez grandes pour travailler normalement à la compression.

Déformations des Traverses

Les traverses se déforment verticalement sous l'influence des charges de rail.

On appelle charge de rail la pression exercée par le patin d'un rail sur sa traverse ; sa valeur sur une traverse isolée serait égale à la charge de roue, abstraction faite du poids du rail ; mais, dans une voie ordinaire, une part plus ou moins grande de la charge de roue est transmise par le rail aux voies libres, en s'appuyant sur les traverses voisines, d'où réduction et transformation de la charge de roue en charge de rail.

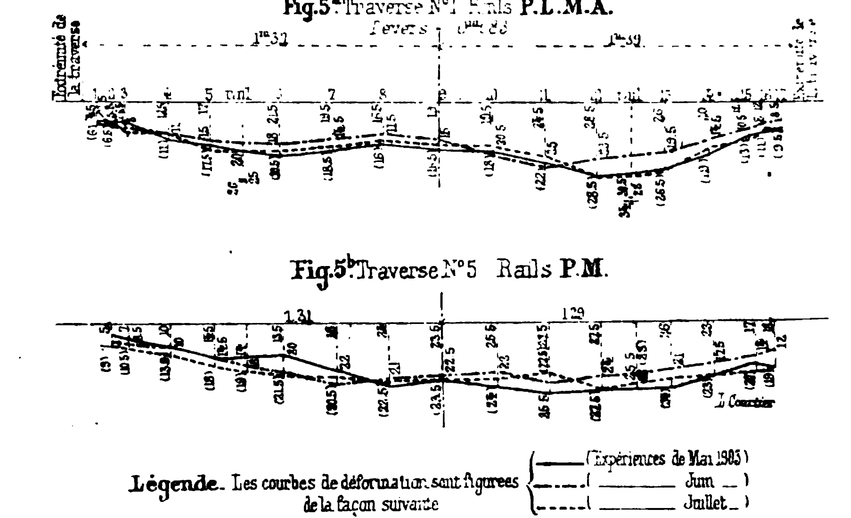
Fig. 5.



Déformations verticales. — Les figures 5 *a* et 5 *b* représentent les flexions verticales de traverses en bois longues de 2,60 m et bourrées sur toute leur longueur.

La figure 5 *a* représente les déformations de ces traverses sous un rail faible de 34,500 kg, c'est-à-dire sous des charges de rail plus élevées que celles qui se produisent sous une même charge de roue et un même écartement de traverses, mais avec un rail plus fort et plus rigide réduisant les charges de rail, comme dans la figure 5 *b*.

Quelle que soit la grandeur de la charge de rail, les déformations de ces traverses présentent le même galbe, parce que leur rigidité semblable est seule en cause, et que leur section dangereuse est considérablement affaiblie par le sabotage et les nombreux trous de tire-fonds qui y sont percés.



A notre avis, la forme des bourrages est un facteur secondaire de la grandeur des enfoncements; la résistance du support et la rigidité des traverses suffisent amplement pour expliquer leurs variations et il nous paraît très logique que des traverses trois fois plus rigides répartissent plus également les pressions.

Une conclusion s'impose donc, comme conséquence de ces observations; c'est que la rigidité des traverses est un excellent moyen à employer pour régulariser le travail du support (ballast et sol), mais que la rigidité des rails ne le cède en rien à celle des traverses, puisqu'elle est le principal répartiteur des charges de rail.

Or, de ces observations leur auteur a conclu — je cite textuellement — « que la traverse en bois qui est censée reposer sur » toute sa longueur, descend dans le ballast d'une quantité supé- » rieure à la traversée rigide qui n'a cependant qu'une assiette » restreinte ».

Cette anomalie d'autant plus étrange que les observations des clichés 3 et 4 nous ont prouvé le contraire, s'expliquerait — et

encore — si M. Cuénot avait comparé les valeurs maxima d'enfoncements produits par des charges de rails égales; mais où cette anomalie se tranforme en hérésie, c'est quand il dit, page 78 de son ouvrage, dernier alinéa — je cite textuellement :

« On peut donc en augmentant la rigidité d'une traverse, » notamment en concentrant la matière autour des appuis, » réduire son enfoncement, à la quantité que l'on peut se proposer » comme limite, et sa flexion dans la mesure qu'on voudra. »

Eh bien, cela ne peut être; éliminons de suite la possibilité de réduire la flexion des traverses « dans la mesure qu'on voudra », ce qui s'obtient facilement par une valeur suffisante du moment d'inertie de la traverse, lequel ne dépend que de sa forme et de sa matière, les charges étant toujours disposées de la même façon; il reste donc : « qu'on peut réduire l'enfoncement des » traverses à la quantité que l'on peut se proposer comme limite » en augmentant leur rigidité ».

S'il en est ainsi, comparons une traverse en bois peu rigide et une traverse mixte trois fois plus rigide, toutes deux étant bourrées identiquement sur une surface d'appui identique, dans un même ballast, et sous une même charge.

Nous éliminerons ainsi toutes les erreurs de comparaison, car la rigidité restera la seule variable.

Les observations faites par M. Cuénot nous le permettent, puisque, avec une méthode qui fait le plus grand honneur à sa probité d'expérimentateur, les observations qu'il a entreprises sur la voie de Bourg-en-Bresse ont été répétées pour les divers types de traverses dans des conditions identiques.

Or, il résulte des observations consignées figures 6, 7 et 10 du cliché n° 8 dont on trouvera le détail aux annexes 3 et 4 de la communication qui suivra, que les traverses trois fois plus rigides se sont enfoncées de quantités sensiblement égales et plutôt supérieures, puisqu'elles donnent :

50 contre 44 pour les enfoncements totaux des traverses peu rigides;

17 contre 16 pour les enfoncements élastiques des traverses peu rigides;

51 contre 51 pour les enfoncements maxima des traverses peu rigides.

Il est donc prouvé, par expériences, que la rigidité des traverses ne peut servir de base à la limitation de leurs enfoncements; et si, par « concentration de la matière autour des appuis » M. Cuénot

a voulu dire augmentation de la résistance du support, la limitation des enfoncements reste encore indépendante de la rigidité des traverses, puisqu'un bloc de marbre substitué à ce support donnerait les mêmes enfoncements sous les mêmes charges quelle que fût la rigidité des traverses.

Enfoncement des traverses.

Pour une même charge.	Traverses de même bourrage. Rigidité = 1.	Rigidité = 3.
—	—	—
Enfoncements totaux.	44,45	50,03
— élastiques	15,56	17,28
— maximum	50,85	51,40

Pour une même charge.	Traverses de même rigidité. Bourrage de 1,60 m.	Bourrage de 1,90 m.
—	—	—
Enfoncements totaux.	33,83	28,70

Or, $\frac{33,83}{28,70} = \frac{1,90}{1,60}$.

NOTE. — La rigidité des traverses ne peut donc servir de base à la limitation des enfoncements, car ils sont proportionnels aux charges et inversement proportionnels aux surfaces d'appui, dans un même ballast.

Mieux encore, et cela nous permettra de vider complètement cette question si importante de la limitation des enfoncements, car nous pouvons toujours à l'aide de ces observations, démontrer la proportionnalité inverse des enfoncements avec leurs surfaces d'appui.

En effet, en comparant deux traverses en bois de même rigidité, bourrées l'une sur 1,60 m et l'autre 1,90 m, nous devons trouver, comme vérification et contre-épreuve de nos précédentes déductions, que cette dernière traverse s'enfonce moins que la première et cela dans le rapport inverse des longueurs de bourrage, puisque leurs largeurs sont semblables.

Or, il résulte de la moyenne des observations qu'on trouvera à l'annexe 5 de la communication, que le bourrage sur 1,60 m s'est enfoncé de 33,83 m, alors que le bourrage sur 1,90 m ne donne que 28,70, enfoncements comparatifs qui sont

bien dans le rapport de 1,9 à 1,6 puisque les produits des facteurs sont 54,128 d'une part et 54,230 de l'autre.

Nous formulerons donc nos desiderata sur la limitation des enfoncements de la façon suivante :

1° Les enfoncements des traverses en service depuis quelque temps dans leur support sont bien proportionnels aux charges statiques et inversement proportionnels à leurs surfaces d'appui;

2° L'augmentation de la rigidité de la traverse et plus encore celle du rail régularisent les enfoncements sous les deux files en assurant une plus large répartition des charges de rails, mais n'ont aucune influence sur la grandeur des enfoncements unitaires;

3° Les bourrages doivent être exécutés symétriquement par rapport à l'axe de la voie, et sur une étendue ne nécessitant pas une longueur de traverse supérieure à 2,30 m, afin de ménager sa rigidité.

Déformations horizontales. — Les traverses se déplacent aussi horizontalement sous la pression des bandages des roues, dans les parties des voies incomplètement chargées, mais ces déplacements se font surtout sentir en avant et en arrière des charges sur les voies libres où les rails et les traverses sont soulevés à l'approche des charges roulantes, comme on vient de le constater.

Les frottements des roues sur les rails s'exercent dans tous les sens, mais on peut rapporter ces efforts à deux directions horizontales et perpendiculaires.

Si ces efforts s'exercent normalement à la voie, ils déterminent le ripage du rail puis celui des traverses, la résistance de ces dernières entraînant le déversement du rail.

Si ces efforts s'exercent dans le sens longitudinal, ils déterminent le cheminement des rails et des traverses.

Actions transversales. — Il est démontré que ces actions transversales sont d'autant plus fortes que la charge verticale qui les produit est plus faible; l'amplitude maximum des déformations transversales se produira donc sur les voies libres, où les pressions verticales décroissent jusqu'à zéro et deviennent négatives puisqu'il y a soulèvement.

Les expériences de Brière, de Weber et celles de Wöhler donnent, aux efforts horizontaux de ripage d'un rail sur des traverses chargées verticalement, des valeurs variant entre 0,25

et 0,38 G, G étant la charge d'essieu qui les détermine ; ces valeurs sont inapplicables aux voies libres, puisque, G s'annulant, l'effort transversal devrait être nul, alors qu'il existe, puisque les rails se déplacent.

Nous avons bien relevé des expériences de poussée de traverses à l'aide d'un appareil appelé déclimètre, mais ces expériences qui donnent la pression qu'il faut exercer en bout pour arriver à déplacer des traverses, dans leur lit de ballast jusqu'à 20 mm, ne permettent pas de conclure, puisqu'il n'y est pas fait état des surfaces réagissantes; d'ailleurs ces observations n'ont rien de commun avec ce qui se passe dans la réalité, puisque les déformations permanentes qui nous intéressent ne sont pas le fait accidentel d'un seul effort, mais la conséquence générale de pressions et décompressions multiples dont la résultante se dirige dans le sens des efforts prédominents.

Analysons de préférence une action transversale lorsqu'elle se produit sous un rail chargé verticalement; cette charge verticale détermine une *adhérence naturelle*, véritable soudure du rail avec sa traverse, mais soudure éphémère puisqu'elle est la conséquence d'une charge qui passe.

Si l'adhérence naturelle ainsi déterminée est supérieure à l'effort horizontal, aucun ripage ne pourra se produire, et la poussée transversale du bandage ou du boudin de roue se résoudra en une action élastique du rail sollicité, accompagnée d'une flexion de la traverse, que la rigidité de cette dernière limitera élastiquement.

L'adhérence naturelle, provoquée par la compression verticale, aura donc empêché, dans cet assemblage éphémère, le glissement et le déversement, c'est-à-dire toutes les déformations permanentes qui auraient pu se produire en son absence.

Voilà comment les choses devraient se passer toujours et comment elles se passent, quand le rail, les traverses et le ballast, solidarisés par l'adhérence naturelle, offrent une masse unique capable de résister aux actions transversales.

Mais supposons, ce qui est trop souvent la réalité, que l'adhérence naturelle produite par la charge verticale soit plus faible que la poussée horizontale, cela arrive sous les roues de locomotives par le jeu des ressorts, sous les essieux déchargés de wagons animés d'un mouvement de lacet, dans les courbes, où les roues ne portent pas également et *a fortiori* dans les voies libres, puisque les charges verticales y soulèvent rails et tra-

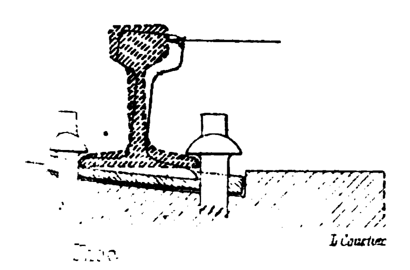
verses à leur approche et facilitent ainsi les déversements et les glissements longitudinaux qui naissent dans les voies insuffisamment chargées.

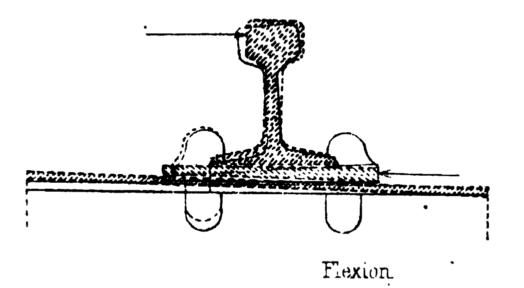
Dans ces cas, si aucune adhérence n'a été donnée préalablement, le rail glissera sur son appui ; à la premiere résistance, celle d'un tire-fond par exemple, il butera, tendra à entraîner les traverses plus ou moins déracinées, et ce mouvement se résoudra par un déversement qui ne sera limité cette fois que par la tête des tire-fonds plus ou moins soulevée déjà.

FIG. 3.

Action transversale des charges roulantes dans les parties libres des voies.

Voies actuelles.	Voies futures.
—	—
Déformation permanente due au manque de compression verticale.	Déformation élastique produite par l'adhérence préalable.





Mouvements amplifiés à l'arrivée des charges.

NOTE. — L'adhérence préalable triple économiquement le poids des rails.

Comme on le voit, tout dépend, dans ces cas, de l'adhérence non plus naturelle des charges verticales puisqu'elle n'existe pas, mais de l'adhérence artificielle donnée préalablement par le tire-fond entre le rail et les traverses.

Nous pensons donc que le moyen pratique de limiter les déformations transversales, glissements et déversements, est de donner préalablement aux assemblages des voies une adhérence en rapport avec les efforts transversaux qu'ils ont à supporter.

Et comme ce que nous venons de dire sur les glissements transversaux s'applique également aux glissements longitudinaux des rails sur leurs appuis, puisque ce sont les mêmes actions qui les produisent dans la réalité, nous formulerons nos desiderata sur la limitation des déformations horizontales des rails et des traverses de la facon suivante :

Les déformations transversales et longitudinales des rails et des traverses ne seront réduites aux limites élastiques ne changeant pas les conditions d'établissement des voies, que par la substitution à l'adhérence naturelle éphémère et insuffisante donnée par les charges verticales, d'une adhérence artificielle et permanente obtenue préalablement et déterminée mathématiquement de façon que les assemblages ainsi constitués soient capables de résister élastiquement aux plus fortes actions vives horizontales du matériel roulant, quand les charges verticales diminuent.

Cette adhérence préalable aura pour conséquences :

1° De régulariser l'action des charges roulantes par un surcroît de rigidité, laquelle, en répartissant mieux les charges intéressera un plus grand nombre de traverses dans une même résistancc élastique;

2° D'empêcher les glissements et déversements des rails sur leurs traverses et de supprimer ainsi la création et la multiplication des actions vives inutiles;

3° Elle assurera enfin, rien qu'à l'approche des charges roulantes, la cohésion des traverses dans le ballast, substituant ainsi à la masse trop faible et indépendante du rail, la masse trois fois plus considérable des rails et des traverses.

Et si j'insiste sur la nécessité de cette adhérence préalable, c'est que le tire-fond, sur lequel les Compagnies de chemins de fer ont toujours compté et comptent encore pour l'obtenir, est absolument incapable de la donner, ce que je vais démontrer.

Déformations des Attaches

On sait que l'attache universellement employée pour solidariser les patins de rails avec les traverses est le tire-fond.

Le tire-fond laisse beaucoup à désirer; dans une étude publiée dans le *Génie Civil* en septembre 1906 et dans une étude parue au *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer* en novembre

1906, nous avons mis en évidence les inconvénients des vis dans les assemblages des voies ferrées.

Les Compagnies elles-mêmes ont d'ailleurs cherché à consolider le tire-fond, soit par multiplication de leur nombre dans une même traverse, soit par des moyens indirects toujours basés sur son emploi, et les résultats obtenus par ces moyens ne paraissent pas avoir donné entière satisfaction du moins jusqu'ici, puisque les rails continuent à glisser et à se déverser sur leurs supports.

Que ces phénomènes soient expliqués comme M. Cuénot le fait dans son ouvrage ou comme j'ai eu l'honneur de le faire ici-même en les attribuant aux réactions des charges roulantes, dans les voies libres, le fait n'en existe pas moins, le tire-fond est insuffisant malgré ses cinquante années d'existence.

Dans la lutte du bois des traverses contre le métal des tire-fonds, il n'est pas étonnant que le bois soit détruit, mais il ne faudrait pas en déduire que les vis et écrous métalliques tiennent mieux, le contraire est prouvé, et tous les essais plus ou moins compliqués faits dans ce sens ont échoué.

L'insuccès des vis et tire-fonds tient à des raisons plus profondes.

En effet, M. Bodin, dans le cours de construction de machines qu'il professe à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, démontre expérimentalement que les efforts d'extension qui s'exercent symétriquement dans les vis et leurs écrous métalliques produisent des allongements unitaires inégaux et que les filets de ces vis et de leurs écrous ne pouvant travailler simultanément sont faussés par suite des charges inégales qu'ils supportent.

A fortiori, des efforts inégaux, comme les efforts dyssymétriques auxquels les tirefonds sont soumis doivent-ils produire des charges inégales qui amènent fatalement la destruction du bois.

Imaginons, ce qui se passe dans une traverse en bois lorsque deux hommes agissant simultanément aux extrémités d'une clef à douille de 0,52 m de diamètre, comme celles qui servent à l'enfoncement des tire-fonds de 22 mm, tournent jusqu'à refus un tire-fond métallique de manière que sa tête produise sur le patin d'un rail une pression qui n'est jamais celle qu'on croit atteindre, mais qui exerce dans le bois des efforts qui dépassent de beaucoup 2 000 kg, ces efforts d'extension dyssymétriques

étant censés obtenus sur une génératrice de la tête réagissant sur un seul côté des filets étagés du tire-fond.

Quel est donc le bois qui, comprimé par la surface totale de quelques demi-filets — prenons-en cinq — soit une surface de 440 mm² pour un tire-fond de 20 mm de diamètre, résistera sans se déformer d'une façon permanente, puisqu'à sa mise en place on le fait travailler à 4,500 kg par millimètre carré, alors que la résistance pratique du meilleur bois de chêne n'atteint pas un kilogramme ?

Qu'y a-t-il de commun, nous nous le demandons, entre la réalité des déformations qu'il faut réduire à l'élasticité pratique aussi bien dans le bois des traverses que dans les autres parties constitutives des voies, et les expériences d'arrachement faites au déclimètre jusqu'à complète destruction du bois et de la voie. ?

Quelles conclusions sérieuses peut-on tirer de pareilles observations ? et n'est-il pas étrange pour le moins de voir chercher les limites de la destruction, quand les limites de la conservation ne sont même pas observées !

Eh bien, l'adhérence du rail et des traverses indispensable comme vous venez de le voir, à la résistance élémentaire des voies, est censément obtenue depuis l'origine de leur construction par le tire-fond, parce que, dans un désir de simplification, on a voulu qu'un seul outil, le tire-fond, animé de deux mouvements simultanés, fît à la fois deux travaux bien distincts, l'engendrement des pressions nécessaires à l'adhérence et leur maintien, c'est-à-dire le travail de deux outils simples, le coin et le ressort.

Le tire-fond exécute, en effet, ces deux travaux, mais il les exécute mal tous les deux, le coin tournant formé par les filets étant de surface réduite à l'excès et les portées du ressort plus faibles encore.

Ce tire-fond, synthèse du coin et du ressort, n'est même pas améliorable, car l'augmentation rationnelle de la surface de ses filets entraînerait une telle réduction de la section dangereuse des traverses, que leur rigidité en serait compromise.

C'est donc un outil à rejeter et que les Compagnies abandonneront un jour puisque les essais de consolidation faits jusqu'ici. ne paraissent pas avoir donné de résultats suffisants.

Il faut, cependant, se rendre à l'évidence, la simplicité et l'économie du tire-fond ne sont qu'apparentes, et, si les tire-fonds

ne grèvent que peu les frais d'établissement, ils obligent à un resserrage continuel des attaches, à la mise en réforme prématurée des traverses, à la réfection continuelle des voies déplacées et à l'entretien ainsi qu'au remplacement trop rapide d'un matériel roulant éprouvé anormalement par les déformations permanentes de voies insuffisamment fixées.

Déformations du Ballast

Le ballast, pris dans son acception la plus générale, c'est-à-dire le ballast proprement dit et le sol qui le supporte, est la base des voies, et nous savons tous, quels soins il faut apporter aux fondations.

Or, des observations qui précèdent, il semble bien résulter que le support des traverses dans les voies actuelles se comporte comme une matière élastique, mais élastique dans des limites restreintes par le degré de friabilité des matériaux qui le composent, lesquels, ne se touchant d'abord que par des surfaces réduites, s'écrasent tant que la répartition des charges n'est pas assurée largement.

On sait d'ailleurs que, pour les matériaux pierreux, la limite de rupture suit d'assez près la limite d'élasticité.

La conservation du ballast, et par conséquence celle de son élasticité, est donc liée à une large répartition des charges et, dans ces conditions, il y a nécessité de réduire les charges unitaires des traverses sur leur support à un maximum de 3 kg par centimètre carré, comme l'ont d'ailleurs déterminé pratiquement quelques Ingénieurs autorisés.

C'est ainsi que nous emploierons le ballast proprement dit, en lui donnant une épaisseur capable pour le moins de répartir ses propres charges à raison de 1 kg par centimètre carré de sol, sauf dans quelques cas particuliers.

L'étude des matériaux composant les ballasts est des plus intéressantes, mais, étant donné que généralement on doit les subir et non les choisir, puisqu'on ne peut économiquement se les procurer qu'à proximité des voies, ce n'est pas leur maximum de résistance qu'il y a lieu de considérer pratiquement et en première ligne, mais leur perméabilité qu'on peut presque toujours obtenir sur place par triage ou criblage.

Un ballast perméable, bien résistant à l'écrasement et ne se

débourrant pas facilement, sera toujours préféré à tout autre, quoique son élasticité soit plus grande.

Il nous paraît donc inutile de rechercher la limitation des enfoncements dans la résistance de matériaux qu'on ne pourrait se procurer sur les lieux, mais, usant des matériaux à la disposition, il nous parait pratique d'obtenir cette limitation par un moyen économique qui est l'augmentation des surfaces d'appui, ce moyen étant en même temps le principal facteur de l'augmentation de la cohésion des traverses dans le ballast.

La difficulté de l'augmentation des surfaces d'appui réside dans l'obligation où l'on se trouve de concentrer le bourrage sous les charges de rail, au-dessous des surfaces extérieures des plates-formes et sous des traverses moins longues que les traverses actuelles dont la rigidité est trop faible.

Ce n'est donc que par la largeur des traverses qu'il semble possible d'augmenter les surfaces horizontales des appuis ; mais cette largeur est elle-même limitée par les nécessités du bourrage, de telle sorte qu'avec les écartements admis actuellement et les largeurs courantes de 0,25 m, l'empattement d'une traverse rigide ne peut guère dépasser 4 000 cm².

Il résulte de ce fait que les essieux de 18 tonnes, les plus lourds actuellement en service, pourront faire travailler le ballast à 4,500 kg sous la traverse elle-même.

Certes, bien des ballasts sont capables de supporter normalement ces charges statiques ; mais, si l'on ne veut envisager que des matériaux ordinaires et dans les conditions que nous nous sommes imposées, ce chiffre est trop élevé et la limitation des déformations élastiques des ballasts nécessite dès lors la recherche d'un moyen capable d'augmenter les surfaces d'appui horizontales en dehors des longueurs et largeurs précitées.

La solution de cette difficulté paraît être dans l'augmentation des surfaces d'appui développées normalement à la traverse et sous les charges de rails. Cette solution permettrait donc d'augmenter les empattements et de réduire toujours à moins de 3 kg par centimètre carré les charges unitaires possibles, ce qui est, pour nous, une condition essentielle de la conservation des ballasts et de leur élasticité.

En résumé, la limitation de toutes les déformations permanentes des ballasts en déformations élastiques ne changeant pas les conditions d'établissement des traverses sera obtenue par l'augmentation des surfaces d'appui actuelles ; c'est là une règle

générale et pratique qui assurera, par un simple calcul, la cohésion des traverses dans leur support.

L'application des moyens indiqués supprimera ainsi toutes les flexions anormales des traverses, leur soulèvement, leur entraînement, qui sont à tel point accentués, à l'heure actuelle, que ces mouvements sont constatables à l'œil nu sur toutes les voies ferrées utilisant le tire-fond.

L'analyse particulière que nous venons de faire des déformations des organes constitutifs des voies va nous permettre maintenant d'expliquer tous les mouvements que ces déformations produisent dans les voies actuelles, c'est-à-dire :

Le cheminement ;

Le surécartement des voies en courbes ;

Le rétrécissement des voies en alignement ;

Les chocs aux joints des rails.

Le cheminement ou avancement inégal des rails et des traverses est un mouvement bizarre par sa complexité et mal expliqué jusqu'ici, mais qu'il suffit d'analyser à la lumière de l'adhérence pour le concevoir facilement et y remédier de la façon la plus simple et la plus complète.

Soient un rail posé sur traverses tire-fonnées et une charge le parcourant ; ce rail est entraîné dans le sens de la marche des trains par les frottements des roues non motrices, retenu par la force qui agit à la circonférence des roues motrices, poussé par les masses en mouvement pendant les freinages forcés, chassé par les chocs des roues aux joints et les actions unilatérales du mécanisme des locomotives.

Ce rail, sollicité par les forces longitudinales les plus diverses, n'adhère réellement aux traverses que lorsque les charges verticales le compriment.

Dans ce cas, les traverses adhérentes représentées par la traverse 3, étant seules entraînées, presseront horizontalement le ballast dans le sens de l'entraînement, tandis que, sur les autres traverses, le rail glissera, poussé en avant comme sur 4 et 5 et tiré à l'arrière comme sur 1 et 2, d'où nouvelle position 3' de la traverse 3.

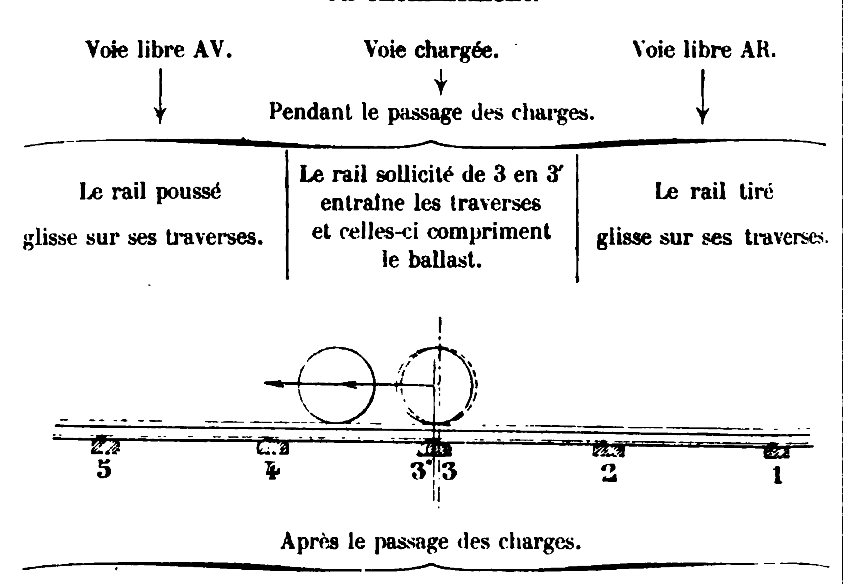
La charge avançant, la traverse 3' perdra son adhérence naturelle au profit de la traverse 4, laquelle appuiera à son tour sur le ballast. Pendant ce temps, la traverse 3' sera rappelée en arrière par l'élasticité du ballast, alors que le rail se trouve

dans l'impossibilité de le faire, puisqu'il subit toujours l'influence entraînante des charges.

La traverse 3 a donc subi un déplacement relatif par rapport au rail : cette déformation permanente n'est autre que le cheminement.

Fig. 4.

Actions longitudinales des charges roulantes dans les parties libres des voies ou cheminement.



Le rail toujours sollicité reste en 3′ pendant que les traverses déchargées sont rappelées de 3′ en 3 par l'élasticité du ballast.

Note. — L'adhérence préalable est donc le moyen logique et sûr d'empêcher le cheminement.

Mais la résistance du ballast n'est pas égale en tous ses points, nous avons démontré qu'elle est notamment plus faible du côté des accotements, et il serait facile de le faire pour les murs unis des quais ; sous des actions égales sollicitant les deux files de rails, le rail situé du côté de la plus faible résistance du ballast pourra donc avancer davantage et *a fortiori* sous des actions différentes, comme il s'en produit dans les deux files des rails.

Enfin, lorsque la traverse est rappelée en arrière par l'élasticité du ballast, elle revient d'autant moins que cette élasticité est plus faible, et la même raison qui, tout à l'heure, facilitait

son plus grand entrainement, déterminera aussi son plus faible retour.

Les traverses perdront donc leur normalité, dans le sens des actions d'entraînement les plus considérables, l'un de leurs abouts se déplaçant plus que l'autre, soit par manque de résistance du ballast, soit par prédominance de l'un des efforts d'entraînement.

Il doit même arriver, bien que nous ne l'ayons pas encore vérifié, que des abouts rétrogradent inégalement avec leurs rails, s'ils sont soumis à des efforts rétrogrades comme cela peut avoir lieu sur des voies parcourues seulement par des locomotives.

Enfin, les actions excessives de cheminement signalées sur le pont du Mississipi, qui ont atteint jusqu'à 0,91 m de cheminement par jour, s'expliquent aisément par la construction même de cet ouvrage métallique dans lequel des entretoises espacées et flexibles étaient entraînées par l'adhérence de rails posés sur longrines, lesquelles étaient rivées sur les entretoises; ces longrines, après le passage des trains, étaient fortement rappelées en arrière par l'élasticité des entretoises, alors que le rail toujours entraîné était dans l'impossibilité de le faire et glissait sur ses supports.

Sans aller jusqu'en Amérique, on peut vérifier les effets du cheminement sur la première voie ferrée venue, qu'elle soit à patins ou à coussinets: le premier joint venu dans une station donnera le sens de la marche des trains.

Dans les chemins de fer, c'est généralement la file de gauche qui avance le plus, parce qu'elle est du côté de la plus faible résistance du ballast; dans le Métropolitain, où le sens du mouvement est renversé, c'est la file de droite qui avance davantage; on y voit des traverses jumellées dont les abouts, situés du côté du mur des quais d'embarquement, ont avancé de plusieurs centimètres de plus que l'about opposé, mieux retenu dans la masse enchevêtrée des matériaux, choisis cependant, qui composent le ballast.

Pour combattre les actions destructives de cheminement, nous ne disposons actuellement que de la masse du rail, de la masse des traverses liées au rail par l'adhérence naturelle et celle du ballast intéressé par ces seules traverses ; il paraît donc logique d'admettre qu'un accouplement plus complet de ces trois résistances produira le meilleur effet.

C'est donc par l'adhérence préalablement donnée aux rails

sur toutes les traverses, que la résistance maximum aux efforts de cheminement sera obtenue, puisqu'elle constituera le lien, le trait d'union qui fera des rails et du ballast une résistance unique; ce sera encore et toujours la substitution de la masse totale de la voie à des masses partielles et insuffisantes.

Et ce qui prouvera que l'adhérence préalable est bien le remède à appliquer, c'est qu'une plus grande solidarité donnée depuis peu par le jumellement des traverses de joint et l'emploi de selles métalliques ou éclisses cornières retenues par les têtes des tire-fonds des traverses de joints, ont suffi pour réduire les effets du cheminement, mais non les supprimer.

Or, c'est supprimer qu'il faut, si nous ne voulons rien changer aux conditions d'établissement des voies.

La plus grande analogie existe d'ailleurs entre les pressions verticales et horizontales qui se produisent dans le ballast, puisque ce sont en réalité les mêmes charges dynamiques qui les produisent; nous avons vu que, dans l'un et l'autre cas, les surfaces d'appui doivent être augmentées, afin de limiter l'amplitude des déformations actuelles; mais, alors que les enfoncements verticaux nécessitent un empattement plus considérable de chacune des traverses, les actions de cheminement ne nécessiteront rien en dehors de l'adhérence donnée préalablement, puisque l'augmentation des surfaces sera obtenue naturellement par la multiplicité des traverses en état de résister à ces efforts.

Le cheminement est donc l'une des actions destructives les plus faciles à combattre.

Le surécartement des voies en courbes provient d'un déversement exagéré des rails dont l'arête intérieure du patin est insuffisamment retenue par les têtes des tire-fonds.

Nous n'insisterons pas, puisqu'il est déjà démontré que ces déversements seront limités élastiquement par l'adhérence préalable et une augmentation de la rigidité des traverses.

Le rétrécissement des voies en alignement est le résultat du déversement des rails tout comme le surécartement; ce n'est pas une action inverse, comme on pourrait le croire, c'est une action amplifiée qui occasionne, à l'arrivée des charges roulantes, un martelage des traverses par l'arête intérieure du patin.

Si l'on considère que le déversement d'un rail courbe est difficile, alors que celui d'un rail droit est des plus faciles,

puisqu'il s'obtient à la main, on se rendra compte que des actions transversales, plus faibles en alignement qu'en courbe, puissent amener des déversements plus conséquents en alignement et fatiguer ainsi les tire-fonds des alignements plus que ceux des courbes.

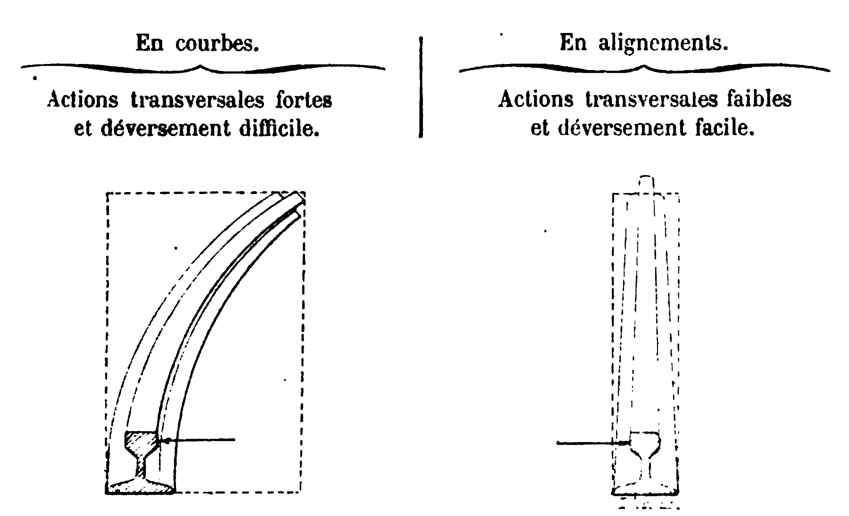
Il apparaîtra aussi que les raccordements des alignements avec les courbes seront les parties des voies les plus fatiguées, puisqu'en ces points les actions transversales y sont les plus fortes et les résistances au déversement les plus faibles.

Le point critique des voies se trouve donc, en l'absence de *toute* résistance des tire-fonds, aux joints séparant les alignements des courbes.

Fig. 5.

Déversement extérieur des rails dans les voies libres.

En courbes.	En alignements.
Actions transversales fortes et déversement difficile.	Actions transversales faibles et déversement facile.



Note. — Sans adhérence préalable, le déversement est donc fatal en alignement et près des courbes, car les actions y sont *fortes* et la résistance *faible*.

Conclusion. — Les accidents de voie par déversement de rail ont donc pour cause la faiblesse du tire-fond.

En somme, les rails soulevés et déversés au maximum dans les alignements et à deux ou trois mètres en avant des charges roulantes, par suite du gauchissement de leurs patins, tordus par les mouvements ondulatoires auxquels les tire-fonds n'opposent souvent aucune résistance, ces patins, dis-je, sont, en quel-

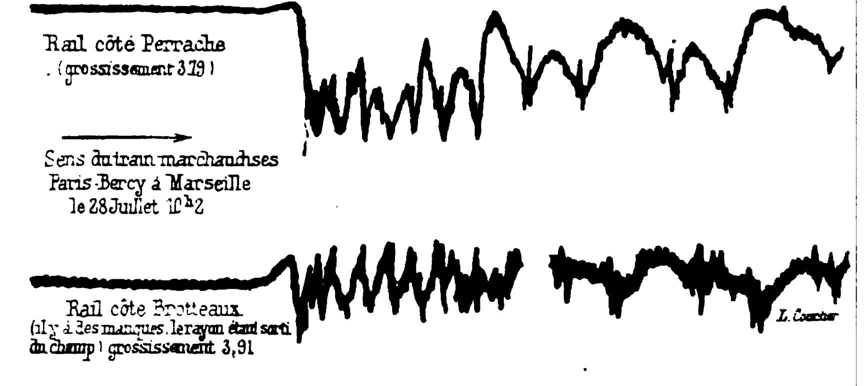
ques centièmes de seconde, appliqués avec force sur leurs traverses par leur bord intérieur, comme le ferait un marteau pilon remplaçant le premier essieu de la locomotive ; telle est l'explication du martelage des traverses dont on a réduit les effets par l'emploi de selles métalliques ou élastiques qui répartissent mieux les effets du martelage sur les traverses, mais ne suppriment pas les chocs, cause du retrécissement du gabarit intérieur des voies, et conséquences du déversement des rails.

Inutile d'insister, le remède à ces déversements est encore l'adhérence donnée préalablement.

Les chocs aux joints des rails. — M. Couard ayant démontré que ces chocs sont la conséquence de déversements inégaux des abouts des rails, le remède est encore l'adhérence préalable.

Mais, M. Cuénot ayant attribué aux dénivellations des abouts des rails relevés par lui des causes différentes de celles indiquées par M. Couard, nous avons été conduit par notre théorie à prendre position.

Or, l'examen des graphiques de M. Cuénot ne laisse aucun doute.



En effet, puisque ces deux graphiques sont pris, l'un sur un joint petit rayon et l'autre sur un joint grand rayon d'une même courbe, si le choc relevé du côté grand rayon où les actions de déversement sont les plus considérables est lui-même plus fort, il est évident que le dévers est bien la cause primordiale du choc, puisqu'une cause plus forte produit des effets plus grands.

Or, la vérification en est facile et donne complètement raison à M. Couard ; elle confirme donc que l'adhérence préalable des abouts des rails sur la traverse de joint est bien le remède à

appliquer, en laissant aux rails éclissés la même élasticité que sous les traverses ordinaires. Mais cette adhérence que le tire-fond refuse, comment l'obtenir ?

Comme on l'obtient couramment.

Quelle différence y a-t-il, en effet, entre l'assemblage d'un patin de rail avec la table d'une traverse en acier et celui de deux tôles dans une charpente métallique ?

Une seule : la rivure doit être amovible pour permettre la pose et la dépose faciles des rails et des traverses ; à part cela, comme tout assemblage, celui d'un patin de rail avec sa traverse doit se concevoir comme un ressort comprimé par un autre ressort, le serrage étant suffisant quand la somme des actions destructives reste inférieure à l'adhérence produite par la compression antagoniste des ressorts.

Au rivet, ressort inamovible, nous substituerons l'agrafe, ressort amovible ; ce dernier étant employé à froid, à la compression des pièces, obtenue par la rétraction du métal chauffé des rivets, nous substituerons la compression d'un coin métallique et nous profiterons de ce coin pour donner naturellement l'inclinaison que ce patin doit avoir.

Dans cette assemblage, où toutes les pièces constitutives sont solidarisées élastiquement, nous aurons soin de répartir les charges de façon qu'en aucun point de l'assemblage la résistance pratique des matières employées ne soit dépassée.

On peut concevoir cette adhérence sous une autre forme abstraite, car il ne s'agit pas ici d'application ; prenons le tire-fond, il exécute mal l'engendrement des pressions nécessaires à l'obtention de l'adhérence, parce que les surfaces portantes de ses filets étagés sont trop restreintes et détruisent fatalement le bois des traverses.

Immobilisons ce tire-fond en le transformant en un véritable chaînon prenant son point d'appui sur l'armature même d'une traverse en ciment armé par exemple : ce tire-fond ainsi modifié n'aura d'autre rôle à jouer que de maintenir les pressions engendrées par des clavettes de serrage, et se transformera rationnellement en un ressort dont on pourra seulement alors augmenter les portées, afin que, par une sage répartition des charges, l'élasticité pratique du métal ne soit dépassée en aucun point de l'assemblage ainsi constitué.

Comme on le voit, nous ne pouvons obtenir l'adhérence que par division du travail, et cette division, nécessaire à l'exécution

d'assemblages calculables, c'est la suppression du tire-fond et son remplacement par les deux outils dont il est la synthèse : le coin et le ressort.

Cette substitution qui ne touche ni le rail ni le ballast, se réduira donc à un simple renouvellement des traverses et permettra d'escompter les vitesses futures, puisque, par le calcul et une sage répartition des charges, les assemblages pourront se faire aussi résistants que ces vitesses le nécessiteront.

Examinons maintenant les moyens types employés par les grandes Compagnies pour s'opposer aux déformations actuelles des voies.

Nous rappellerons tout d'abord ceux qui ont donné des résultats positifs bien qu'incomplets :

1° L'augmentation du poids des rails ;

2° L'usage de plaques d'appui ;

3° Le jumellement des traverses de joints.

Ces moyens sont complètement justifiés par le manque de solidarité des éléments constitutifs des voies ; mais l'augmentation des charges (essieux de 18 tonnes), celle des vitesses (plus de 100 km à l'heure), ont amené les Compagnies de chemins de fer à consolider leurs voies par de nouveaux moyens dont les types les plus importants sont :

Le coin Barberot ;

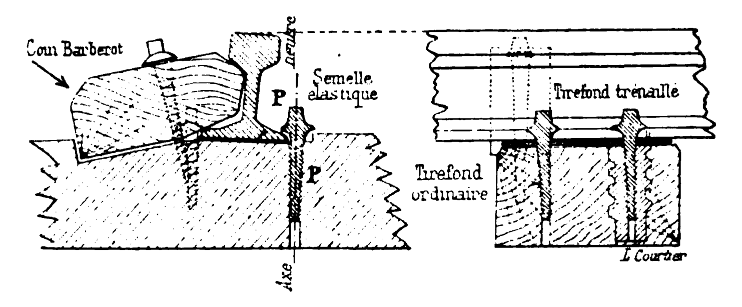
Les trénails et leurs succédanés ;

Les semelles élastiques ;

Les cales en fer.

Fig. 6.

**Déformation des attaches dans les voies libres.
Le tire-fond et ses consolidations.**



Note. — Les consolidations du tire-fond sont sa condamnation, car elles sont elles-mêmes incapables d'empêcher les déformations permanentes ; au contraire, elles en créent de nouvelles.

Le coin Barberot est une simple pièce de bois, tire-fonnée sur les traverses du côté extérieur des courbes, afin d'empêcher le rail de se renverser dans le cas où plusieurs tire-fonds viendraient à céder en même temps.

Ce moyen de fortune, qui doit son succès à une sage prudence, est d'ailleurs incapable de contribuer à la réduction des déformations permanentes; en effet, on peut constater que cette pièce de bois, exposée aux alternatives de la sécheresse et de l'humidité, repoussera le rail quand elle sera mouillée et le soulèvera même.

Quand ce coin sera sec, il se retirera de telle sorte que, au lieu de diminuer les déformations du rail, il les multipliera aux passages successifs des roues par les chocs qu'il créera; de plus, ce coin nécessite une entaille de 3 cm de profondeur dans les fibres supérieures de la traverse, c'est-à-dire celles qui fatiguent le plus, et un troisième ou quatrième trou de tire-fond, suivant les cas, dans la section dangereuse de la traverse.

Les trénails, qui ont eu leur minute de succès, laissent voir maintenant leurs inconvénients; il était bien évident que le tire-fond ne pouvait mieux tenir dans le trénail en bois facile à travailler, qu'il ne tenait dans un bon bois de chêne; puis on a donné comme un avantage précieux des trénails leur faculté de prolonger la durée des traverses; or, un gros tire-fond n'affaiblit la section dangereuse des traverses que sur une bande de 25 mm de largeur, tandis que le plus petit trénail l'affaiblit trois fois plus, c'est-à-dire qu'un trénail neuf fait autant de mal que trois tire-fonds.

Le dernier du genre ne le cède en rien aux précédents, car, non seulement il affaiblit considérablement la rigidité des traverses, mais il répartit les charges d'une façon plus défectueuse que le tire-fond lui-même et fait, de plus, travailler les bois à l'éclatement.

Les trénails et leurs succédanés ne sont donc que de mauvais outils destinés à boucher les trous anciens des tire-fonds en affaiblissant considérablement la section dangereuse des traverses.

Les semelles élastiques se font actuellement en peuplier comprimé; elles ont pour but de donner sous le patin des rails une adhérence bien faible que le tire-fond refuse et d'amortir les actions de martelage; leurs inconvénients sont de perdre très

rapidement leur élasticité et de nécessiter des remplacements fréquents et coûteux qui fatiguent les voies considérablement, sans empêcher les déformations permanentes.

Les cales en fer sont, de tous les moyens employés pour combattre les déformations permanentes, ceux qui, au premier abord, paraissent le mieux justifiés, la cale étant un moyen simple et souvent efficace de rattraper les jeux anormaux des voies produits par le choc répété des roues; mais ce moyen a, malheureusement, un défaut capital, c'est qu'il faille l'employer.

En opposition à ces moyens pour le moins défectueux, nous résumerons ici les principes fondamentaux des voies ferrées futures et les moyens pratiques qui en découlent, abstraction faite de toute indication de forme précise.

Pour le rail, nous avons dit que la limitation des mouvements élastiques et utiles sera assurée par l'emploi de rails rigides réduisant les charges de rail, mais que les poids actuels de 50 kg environ pourront être abaissés pour les rails à patin, dès qu'une adhérence préalable substituée à l'adhérence naturelle, les aura soudés à la masse des traverses et en aura triplé économiquement le poids.

Pour les traverses, nous avons démontré que la limitation des déformations élastiques utiles et nécessaires serait obtenue par un enracinement de la traverse, une augmentation de ses surfaces de contact et une rigidité supérieure. Dans ce but, les traverses seront courtes, bourrées symétriquement par rapport à l'axe de la voie; les traverses de joints seront semblables aux autres et les joints appuyés.

Pour les attaches, dont les déformations permanentes actuelles ne sauraient être matériellement ramenées à des déformations élastiques par le tire-fond, nous rejetons complètement ce dernier, ainsi que tout emploi des vis et écrous dans les voies, comme incapables de résister au desserrage et nous les remplaçons par des ressorts puissants épousant les patins des rails et leurs éclisses dans tous leurs mouvements élastiques.

Nous admettons que ce patin sera solidarisé réellement à la traverse par la compression de coins métalliques de surfaces suffisantes et réagissant sur les ressorts, la compression ainsi obtenue devant être calculée pour donner à l'assemblage une résistance de glissement supérieure aux plus fortes actions hori-

zontales produites par des charges verticales faibles, sans que, dans aucune partie de cet assemblage, la limite pratique de la résistance des matières employées puisse être dépassée.

Pour le ballast, nous considérons que la limitation des déformations élastiques ne saurait résider dans l'augmentation de résistance des matériaux qui composent ce support; mais, admettant que la perméabilité est le premier des besoins, nous obtiendrons cette limitation par une meilleure répartition des charges de rail, en augmentant les surfaces d'appui que nous calculerons en raison directe des charges et en raison inverse des enfoncements que nous ne voudrons pas dépasser, limitant nos charges unitaires maximum à 3 kg par centimètre carré, tout en évitant le plus possible les surfaces extérieures des ballasts.

En résumé, toute la théorie que je viens d'avoir l'honneur d'exposer est basée pratiquement sur une liaison plus intime des éléments constitutifs des voies et la substitution aux masses indépendantes que sont actuellement les rails, les traverses et le ballast, de la masse unique et totale de ces trois éléments.

ANNEXE N° 1

Rail PLMA = 34,5 kg.

Ondulation verticale des rails en avant des charges.

$$\text{Surface d'appui d'une demi-traverse bois} = \frac{2{,}60\ \frac{0{,}22 + 0{,}25}{2}}{2} = 3\,055 \text{ cm}^2.$$

Détermination de l'enfoncement, par centimètre carré d'appui, des rails libres en avant des charges.

Cliché n° 3.

Trait plein. — Côté petit rayon.

N°s des observations	Enfonc. ×	Longueur / 2	= Produits	Demi-traverses intéressées ×	Surfaces corresp.	= Produits
—	—	—	—	—	—	—
30	9 ×	15 =	135	1 ×	3 055 =	3 055
31	13 ×	80 =	1 040	3 ×	3 055 =	9 165
32	16 ×	100 =	1 600	3 ×	3 055 =	9 165
33	17 ×	115 =	1 955	3 ×	3 055 =	9 165
34	17 ×	85 =	1 445	4 ×	3 055 =	12 220
35	15 ×	60 =	900	2 ×	3 055 =	6 110
36	9 ×	30 =	270	1 ×	3 055 =	3 055
37	7 ×	40 =	280	2 ×	3 055 =	6 110
38	8 ×	35 =	280	2 ×	3 055 =	6 110
39	8 ×	45 =	360	2 ×	3 055 =	6 110
	Enfoncem. totaux		8 265	23	Surf. totale	70 265

Enfoncement moyen par centim. carré $\frac{8\,265}{70\,265} = 0{,}1176$.

Cliché n° 4.

Trait plein. — Côté grand rayon.

N°s des observations	Enfonc. ×	Longueur / 2	= Produits	Demi-traverses intéressées ×	Surfaces corresp.	= Produits
—	—	—	—	—	—	—
30	12 ×	60 =	720	2 ×	3 055 =	6 110
31	14 ×	135 =	1 890	4 ×	3 055 =	12 220
32	20 ×	130 =	2 600	4 ×	3 055 =	12 220
33	27 ×	125 =	3 375	4 ×	3 055 =	12 220
34	33 ×	95 =	3 135	3 ×	3 055 =	9 165
35	24 ×	65 =	1 560	2 ×	3 055 =	6 110
36	13 ×	35 =	455	2 ×	3 055 =	6 110
37	10 ×	35 =	350	2 ×	3 055 =	6 110
38	12 ×	50 =	600	2 ×	3 055 =	6 110
39	11 ×	60 =	660	3 ×	3 055 =	9 165
	Enfoncem. totaux		15 345	28	Surf. totale	85 540

Enfoncement moyén par centim. carré $\frac{15\,345}{85\,540} = 0{,}1793$.

Moyenne des enfoncements $= \frac{0{,}1176 + 0{,}1793}{2} = 0{,}1484$.

Rail PM = 39 kg.

ANNEXE N° 2

Ondulation verticale des rails en avant des charges.

Surface d'appui d'une demi-traverse mixte = 0,70 × 0,25 = 1 750 cm².

Détermination de l'enfoncement, par centimètre carré d'appui, des rails libres en avant des charges.

Cliché n° 3.

Trait pointillé. — Côté petit rayon.

N°s des observations	Enfonc.	×	Longueur/2	=	Produits	Demi-traverses intéressées	×	Surfaces corresp.	=	Produits
30	22	×	240	=	5 280	8	×	1 750	=	14 000
31	24	×	245	=	5 880	8	×	1 750	=	14 000
32	21	×	180	=	3 780	6	×	1 750	=	10 500
33	15	×	70	=	1 050	3	×	1 750	=	5 250
34	13	×	80	=	1 040	3	×	1 750	=	5 250
35	10	×	50	=	500	2	×	1 750	=	3 500
36	10	×	40	=	400	2	×	1 750	=	3 500
37	12	×	130	=	1 560	5	×	1 750	=	8 750
38	7	×	95	=	665	4	×	1 750	=	7 000
39	14	×	60	=	840	3	×	1 750	=	5 250
	Enfoncem. totaux				20 995	44		Surf. totale		77 000

Enfoncement moyen par centim. carré $\frac{20\,995}{77\,000} = 0{,}2635$.

Cliché n° 4.

Trait pointillé. — Côté grand rayon.

N°s des observations	Enfonc.	×	Longueur/2	=	Produits	Demi-traverses intéressées	×	Surfaces d'appui	=	Produits
30	19	×	255	=	4 845	8	×	1 750	=	14 000
31	18	×	280	=	5 040	9	×	1 750	=	15 750
32	21	×	140	=	2 940	5	×	1 750	=	8 750
33	24	×	80	=	1 920	3	×	1 750	=	5 250
34	12	×	70	=	840	3	×	1 750	=	5 250
35	6	×	35	=	210	2	×	1 750	=	3 500
36	6	×	35	=	210	2	×	1 750	=	3 500
37	13	×	130	=	1 690	5	×	1 750	=	8 750
38	17	×	95	=	1 615	4	×	1 750	=	7 000
39	16	×	60	=	960	3	×	1 750	=	5 250
	Enfoncem. totaux				20 270	44		Surf. totale		77 000

Enfoncement moyen par centim. carré $\frac{20\,270}{77\,000} = 0{,}2632$.

Moyenne des enfoncements $= \frac{0{,}2635 + 0{,}2632}{2} = 0{,}2633$.

ANNEXE N° 3

Enfoncements totaux, élastiques et maximum de traverses en bois de 2,21 m de longueur, bourrées symétriquement sur 0,70 m sous chaque rail.

FIGURE 6. — CLICHÉ 8. FIGURE 7. — CLICHÉ 8.

Enfoncements totaux.

Gauches.		Droits.	Gauches.		Droits.
45,7		31,4	49,2		37,1
46,1		32,9	51,8		38,6
47,0		37,1	54,7		44,0
46,8		38,8	51,3		46,0
45,7		38,4	49,6		47,5
43,5	41,8	40,2	51,0	50,0	49,2

Moyenne $\frac{535,4}{13} = 41,18$ — Moyenne $\frac{620,6}{13} = 47,73$

Moyenne des deux observations $= \frac{41,18 + 47,73}{2} = 44,45$

Enfoncements élastiques.

Gauches.		Droits.	Gauches.		Droits.
17,7		12,8	16,2		10,3
17,6		12,9	19,3		11,6
20,5		16,0	19,9		15,5
18,7		15,9	16,0		16,3
18,2		14,3	16,3		17,5
16,6	15,8	15,2	17,6	17,5	16,2

Moyenne $\frac{212,2}{13} = 16,32$ — Moyenne $\frac{192,6}{13} = 14,81$

Moyenne des deux observations $= \frac{16.32 + 14,81}{2} = 15,56$

Enfoncements maximum.

47,0 + 54,7

Moyenne des deux observations $= \frac{47,0 + 54,7}{2} = 50,85$

ANNEXE N° 4

Enfoncements totaux, élastiques et maximum de la traverse mixte de 2,50 m de longueur, bourrée symétriquement sur 0,70 m sous chaque rail.

FIGURE 10. — CLICHÉ 8.

Enfoncements totaux.

Gauches.				Droits.
49,4				47,2
49,2				47,1
49,8				50,8
51,0				50,4
51,2				50,2
51,4	—	51,3	—	51,4

$$\text{Moyenne } \frac{650,4}{13} = 50,03$$

Enfoncements élastiques.

Gauches.				Droits.
20,5				11,6
20,5				14,6
20,7				15,0
19,9				15,9
18,5				14,9
18,8	—	17,4	—	17,0

$$\text{Moyenne } \frac{224,7}{13} = 17,28$$

Enfoncement maximum.

51,4

ANNEXE N° 5

Enfoncements totaux comparés de traverses en bois de 2,31 m de longueur, bourrées différemment.

Figure 4. — Cliché 8.
Bourrage symétrique
0,80 + 0,80

25,5		31,1
32,4		31,8
36,5		37,0
38,9		36,1
34,0		34,8
33,9 —	34,5	— 33,3

Moyenne $\frac{439,8}{13} = 33,83$

Figure 5. — Cliché 8.
Bourrage symétrique
0,95 + 0,95

30,2		27,7
30,1		29,4
34,1		31,4
34,8		29,7
27,2		25,4
26,0 —	34,5	— 23,5

Moyenne $\frac{373,1}{13} = 28,70$

LES GRANDS PORTS FRANÇAIS

LEUR TRANSFORMATION ET LEUR AUTONOMIE

PAR

M. Georges HERSENT.

L'objet de cette étude touche à un des problèmes économiques les plus importants de l'heure actuelle. Il semble presque superflu d'insister sur le rôle capital qu'ont pris les ports maritimes dans le développement industriel et commercial des grandes nations.

Dans la lutte économique si ardente que nous traversons actuellement, chaque pays s'efforce par tous les moyens à sa disposition d'abaisser le prix de revient des transports et des manutentions par la création d'un meilleur outillage. Chaque pays cherche, en outre, à favoriser ou à déterminer à son profit un plus grand courant de voyageurs et de marchandises. Dans ces conditions, il est véritablement impossible que nous restions stationnaires et que nous n'employions pas toutes nos forces vives et même une part importante de nos ressources pour regagner la place que doivent nous réserver, d'une part la situation économique que nous avons jadis occupée dans le monde, et d'autre part les avantages de notre situation géographique.

Pour mieux préciser les idées, il nous a paru nécessaire en commençant de procéder à une classification de nos différents ports. On peut les diviser, suivant leur destination, en : *ports de pêche*, *ports de cabotage*, *ports de commerce international*, *ports de transit pour les voyageurs*, *ports militaires*. Quelques-uns ne rentrent que dans une de ces catégories, d'autres au contraire, parce qu'ils répondent à des nécessités diverses, peuvent être rangés sous plusieures ou même sous la totalité de ces rubriques.

Le programme *Freycinet*, dont l'élaboration remonte à 1878, c'est-à-dire à 30 ans déjà, a eu pour objectif d'améliorer tout notre système de ports petits et grands. Il répondait alors au besoin du moment, puisqu'on avait jusque-là très peu fait pour nos installations maritimes. Pour montrer son importance, il nous suffira de rappeler que l'ensemble de travaux qu'il comportait correspondait à une dépense d'environ *400* millions, répartis sur 76 ports ou endroits différents. On a, depuis, vivement critiqué cet éparpillement de nos ressources, sans songer qu'un pareil programme se justifiait par les intérêts très divers auxquels il était alors urgent de donner satisfaction. Tout au plus, pourrait-on regretter que la part de deux ou trois de nos grands ports n'ait pas été plus large dans cette répartition.

L'erreur véritable semble postérieure à ce projet. Elle consiste dans l'inaction où l'on s'est reposé après sa réalisation, sans songer aux nécessités toujours nouvelles du commerce et aux transformations continues de notre outillage maritime. Notre infériorité actuelle provient plutôt de ce que l'on n'a pas complété assez vite ce programme Freycinet par un programme nouveau, mûrement étudié et pleinement adapté aux circonstances, et surtout aux besoins nouveaux.

Pendant que nous restions ainsi l'arme au pied, les autres nations n'ont cessé au contraire d'améliorer leur outillage et nous les avons vues créer de grands ports modernes qui, en attirant à eux les principaux courants de trafic, ont d'autant mieux fait ressentir la situation fâcheuse où nous a jetés cette trop longue période d'inaction.

On a bien essayé depuis de chercher un remède à notre infériorité trop manifeste en votant, en 1904, le programme *Baudin*. Mais le chiffre seul des travaux qu'il comporte, soit 86.880.000 fr., répartis sur dix ports, suffit à montrer l'insuffisance de cet effort, surtout si on le compare aux efforts analogues tentés en ce moment par toutes les grandes nations.

Les projets d'agrandissement des ports du Havre et de Marseille, actuellement soumis à l'approbation des Pouvoirs Publics, ainsi que d'autres projets à l'étude pour Bordeaux, Nantes, Rouen et Dunkerque, pourraient, il est vrai, améliorer cette situation: mais ces projets seront-ils conçus avec suffisamment d'ampleur et prévoiront-ils assez l'avenir?

Le but de cette étude étant l'examen de la situation présente et future de nos grands ports de commerce et de transit inter-

national, plusieurs questions s'imposent naturellement à notre attention. Mais, afin d'éviter toute confusion dans la discussion d'un problème aussi complexe, nous avons cru devoir en séparer, dès le début et le plus nettement possible, les termes principaux qui peuvent être formulés de la façon suivante.

1° Un grand port ayant pour principal objectif d'abriter et d'exploiter les navires qui lui sont destinés, l'on est logiquement amené à étudier tout d'abord les dimensions des grands navires modernes et à supputer celles qu'ils atteindront dans un prochain avenir. A ce propos, ne doit-on pas également passer en revue toutes les mesures déjà prises ou en préparation à l'étranger, dans le but de satisfaire à ce nouvel état de choses?

2° Quelles conditions doivent remplir aujourd'hui de grands ports pour satisfaire, d'une part, aux exigences toujours croissantes du commerce international, et d'autre part, à celles non moins impérieuses d'une architecture navale sans cesse en progrès.

Et, puisque tout programme d'exécution pour des travaux de cette nature doit forcément se répartir sur une période de 8 à 10 ans, cette deuxième partie du problème doit être complétée de la façon suivante : Quelles sont les conditions que l'on doit entrevoir dès à présent comme indispensables pour les grands ports, d'ici 15 à 20 ans, afin qu'une fois réalisées, ces diverses améliorations ne soient pas déjà démodées.

3° Quels sont les ports français que leur situation géographique et leurs conditions naturelles prédestinent à ce rôle prépondérant?

4° Quel paraît être le moyen pratique de réaliser ce programme en tenant compte des nécessités urgentes de notre situation économique en même temps que des ressources limitées dont semblent actuellement disposer nos budgets?

5° Quel devrait être, dans cet ordre d'idées, le moyen de régir dorénavant nos grands ports, de manière à leur constituer une vie propre et véritablement autonome, directement liée aux intérêts régionaux et nationaux auxquels ils doivent satisfaire?

Quel est, en somme, le moyen de les mettre à même de se développer progressivement au fur et à mesure de leurs besoins nouveaux?

Chapitre Ier

Progrès réalisés dans l'architecture navale. Dimensions prévues pour les grands navires d'ici 15 à 20 ans.

Étudions d'abord la première question, et voyons dans quelles mesures les dimensions des navires diffèrent aujourd'hui de ce qu'elles étaient autrefois.

Personne n'ignore les transformations capitales qui se sont accomplies dans l'architecture navale au cours du dernier siècle.

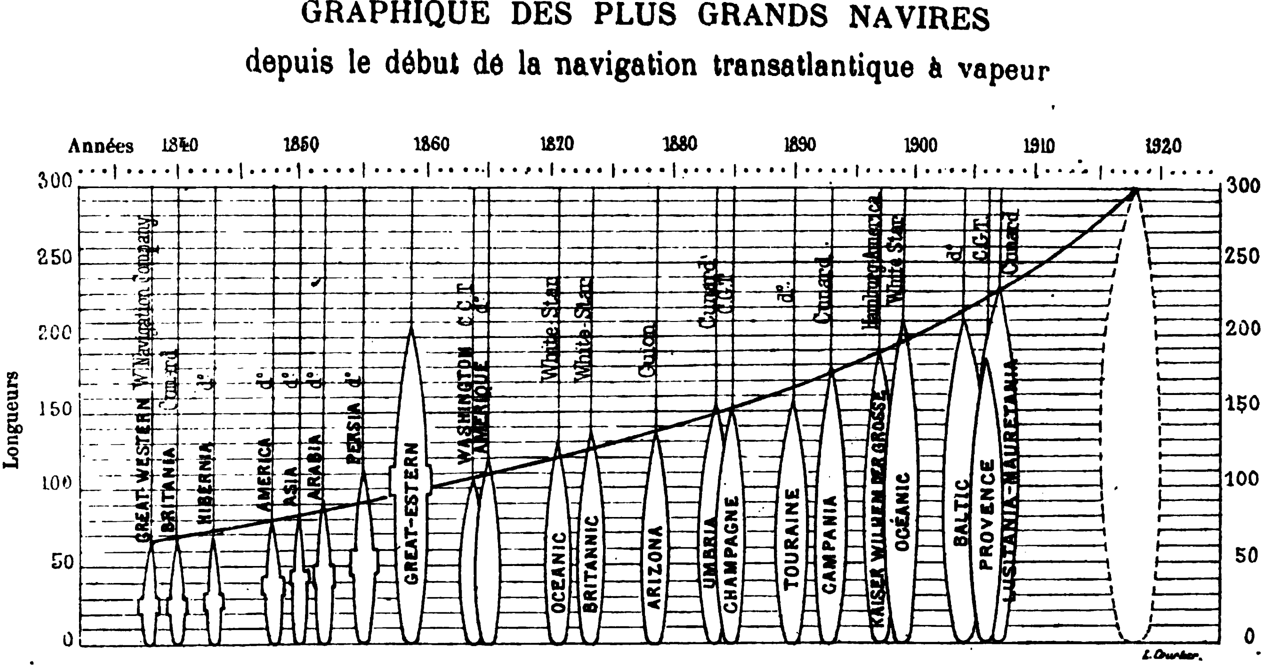
Si nous remontons de 80 années en arrière, nous constatons qu'en 1828, le plus grand vapeur à flot, alors l'étonnement du monde, était un bateau à aubes de 500 tx, muni d'une machine de 200 ch; il faisait un service entre *Londres et Leith*.

Dix ans plus tard, en 1838, le *Great Western*, de 1 340 tx de registre, démontra pour la première fois la possibilité d'un service à travers l'Océan Atlantique. Il fit durant de longues années le service de Bristol à New-York, en 14 jours.

Enfin en 1845, on voit apparaitre le *Great Britain*, de 2 984 tx de registre, qui fut le premier grand transatlantique en fer de la marine marchande. Il était muni d'une hélice et marquait à son tour, un progrès très important sur le passé.

Mais ce n'est que plus tard et particulièrement depuis une trentaine d'années, que les progrès de l'architecture navale ont suivi une marche pour ainsi dire accélérée, pour aboutir dernièrement aux dimentions colossales des 2 bateaux à turbines de la ligne Cunard, le *Lusitania* et le *Mauretania*, dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

Longueur.	800 pieds,	soit :	232 m
Largeur.	88 »	»	27 »
Tirant d'eau en pleine charge . .	37 »	»	11,30
Déplacement en pleine charge. .	39 000 t.		
Tonnage de registre	33 000 t.		
Vitesse.	24 à 25 nœuds		
Puissance en chevaux indiqués .	68 000 ch.		


GRAPHIQUE DES PLUS GRANDS NAVIRES
depuis le début de la navigation transatlantique à vapeur
Années
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
Longueurs
300
250
200
150
100
50
0
GREAT-WESTERN
W. Navigation Company
BRITANIA
Cunard
HIBERNIA
d°
AMERICA
d°
ASIA
d°
ARABIA
d°
PERSIA
d°
GREAT-ESTERN
WASHINGTON
C.G.T.
AMÉRIQUE
d°
OCEANIC
White Star
BRITANNIC
White-Star
ARIZONA
Guion
UMBRIA
Cunard
CHAMPAGNE
C.G.T.
TOURAINE
d°
CAMPANIA
Cunard
KAISER WILHEM DER GROSSE
Hamburg America
OCÉANIC
White Star
BALTIC
d°
PROVENCE
C.G.T.
LUSITANIA-MAURETANIA
Cunard
L. Ourker.

Caractéristiques

depuis le début de la [illegible]

NAVIRES ET COMPAGNIES	DATES de MISE en service	LONGUEURS entre PERPENDICULAIRES	LARGEUR de la COQUE
		m	m
Great Western (G. W. Navigation C°)	1838	65	10.77
Britania (Cunard)	1840	63,20	10,[illegible]
Hibernia —	1843	64	10.90
America —	1848	76,50	10,70
Asia —	1850	81	12.20
Arabia —	1852	87	12.40
Persia —	1855	114,50	13.80
Great Eastern (E. St. Navigation C°)	1859	207,50	25.30
Washington (C. G. T.)	1864	105	13,40
Amérique —	1865	120	13.40
Oceanic (White Star)	1871	128	12.41
Britannic —	1874	139	13,70
Arizona (Guion)	1879	137	13.77
Umbria (Cunard)	1884	152	17,35
Champagne (C. G. T.)	1885	150	15,70
Touraine —	1890	157	17.10
Campania (Cunard)	1893	183	19,80
Kaiser Wilhem der Grosse (Norddeutsch. Lloyd)	1897	191	20,10
Oceanic (White Star)	1899	209	20,80
Baltic —	1904	216	23.01
Provence (C. G. T.)	1906	183,50	19.80
Lusitania (Cunard)	1907	232	26.80

grands navires

lantique à vapeur.

TONNAGE BRUT	PUISSANCE en chevaux indiqués	VITESSE MOYENNE	PROPULSEURS	OBSERVATIONS
tx		nœuds		
1 340	750	»	roues.	Construit en bois.
1 150	740	8	—	—
1 422	1 040	9	—	—
1 825	2 000	10	—	—
2 226	2 400	12	—	—
2 400	3 250	13	—	—
3 300	4 000	13	—	Construit en fer.
»	»	12	roues et 1 hélice.	—
3 300	3 000	13	1 hélice.	—
4 000	3 400	12,50	—	—
3 600	3 000	14,50	—	—
5 000	5 500	15	—	—
5 147	6 300	16	—	—
8 000	14 300	18,50	—	Construit en acier.
7 277	7 000	16	—	—
8 600	12 000	18	2 hélices.	—
12 900	30 000	20,50	—	—
14 349	28 000	21,20	—	—
17 274	27 000	17	—	—
23 876	24 000	17	—	—
13 750	30 000	21	—	—
32 500	70 000	24	4 hélices.	Turbines Parsons.

Caractéristiques des plus grands paq

NOMS	NATIONALITÉ	DATE de CONSTRUCTION	ARMATEU
Kaiser Wilhelm der Grosse	Allemand	1897	Norddeutscher
Oceanic	Anglais	1899	White St
Deutschland	Allemand	1900	Hamburg Am
Celtic	Anglais	1901	White St
Kronprinz Wilhelm	Allemand	1901	Norddeutscher
Cedric	Anglais	1903	White St
Kaiser Wilhelm-II	Allemand	1903	Norddeutscher
Arabic	Anglais	1903	White St
Baltic	Anglais	1904	White St
Amerika	Allemand	1905	Hamburg Am
Kaiserin Augusta-Victoria	Allemand	1905	Hamburg Am
Caronia	Anglais	1905	Cunard
Carmania	Anglais	1905	Cunard
Adriatic	Anglais	1906	White St
Nieuw-Amsterdam	Hollandais	1906	Holland Am
La Provence	Français	1906	C. G. T
Lusitania	Anglais	1907	Cunard
Mauretania	Anglais	1907	Cunard
Kronprinzessin Cecilie	Allemand	1907	Norddeutscher

…ement en service (fin 1907).

…NNAGE NET	LONGUEUR	LARGEUR	CREUX	TIRANT D'EAU	DÉPLACEMENT	PUISSANCE	VITESSE
tx	m	m	m	m	t	chx	nœuds
5 521	191	20,12	11,89	8,55	20 500	30 000	21,5
6 917	209	20,80	13,54	9,91	28 000	27 000	18
5 196	201,5	20,50	12,27	8,84	23 200	36 000	22,3
13 449	207,5	23,94	13,44	10	30 000	»	17
5 162	194	20,19	11,96	8,84	21 000	36 000	21,75
13 520	207,5	22,94	13,44	10	30 000	»	17
6 353	208,5	22,02	12,24	8,84	25 500	38 000	22
10 062	183	19,94	14,48	10	»	»	17
15 295	216	23,01	16	10	35 500	24 000	17
13 381	204	22,63	14,53	10	35 000	24 000	17
14 847	206,5	23,55	15,29	10,05	35 500	24 000	17
10 306	198	22	12,24	10,14	30 200	20 000	17,5
9 982	198	22	12,19	10,15	30 200	20 000	17,5
13 638	216	22,99	16	11,30	35 500	24 000	17
10 714	183	20,96	10,82	»	»	»	16,5
3 834	183,5	19,81	11,66	8,15	19 150	30 000	21
»	232	26,82	18,40	11,30	38 000	70 000	24,5
»	232	26,82	18,40	11,30	38 000	70 000	24,5
6 400	215,34	21,94	12,25	9,20	27 000	40 000	22

Il suffira pour se convaincre de la rapidité des transformations, d'examiner, le tableau dans lequel on a mis en relief les caractéristiques d'un certain nombre de navires considérés comme les plus modernes à l'époque de leur construction.

L'examen de ce tableau permet aussi d'entrevoir les transformations nouvelles auxquelles on peut s'attendre d'ici 15 à 20 ans, si toutefois l'architecture navale continue la même progression, et si, de leur côté, les ouvrages maritimes suivent un développement parallèle à ce mouvement.

Proportionnellement, les dimensions des très grands navires vers 1920 ou 1925, seraient ainsi d'environ 300 à 350·m de longueur, 30 à 35 m. de largeur, et 13 à 15 m.; de tirant d'eau.

Cette progression aura forcément une limite, car il n'est pas douteux qu'un pareil développement dans les dimensions et le tonnage des navires ne puisse être continué indéfiniment. Les unités navales devenant plus coûteuses, il pourra s'ensuivre un temps d'arrêt dans leur construction. Mais il ne faut pas oublier non plus que nous sommes, en ce moment, à peine au début d'une période de grandes transformations dans l'architecture navale. L'apparition des moteurs à turbines permet, en effet, d'envisager des puissances de propulsion auxquelles on n'avait pas songé jusqu'ici avec l'emploi des machines à cylindres.

Soixante et un navires étaient déjà munis de ces nouveaux moteurs vers le milieu de 1907, et il ne semble pas douteux que ceux-ci ne se généralisent en raison des avantages qu'ils présentent, et surtout du moindre encombrement qui résulte de leur faible volume. Cette première transformation paraît devoir à son tour en amener d'autres, en ce qui concerne les dimensions futures des grands navires, et plus particulièrement l'augmentation du tirant d'eau, ce qui permettrait de mieux utiliser la force propulsive et d'obtenir des grandes vitesses à meilleur compte.

Enfin, il y a lieu de noter que si, jusqu'ici, les grands courriers de l'Amérique du Nord ont toujours tenu la tête du mouvement dans la modernisation et, parallèlement, dans l'augmentation des dimensions et de la vitesse, il s'est créé à côté un courant très marqué pour la construction de toute une classe de paquebots transatlantiques de très grandes dimensions, de fort tonnage et de grand tirant d'eau, mais d'une vitesse moyenne, ne dépassant pas 16 ou 17 nœuds. Le type du navire, dont l'*Adriatic* de la White Star représente le plus récent spécimen, se généralisera

certainement dans l'avenir, en raison de l'économie d'exploitation qu'il assure. Il ne faut donc pas oublier qu'en s'occupant actuellement de nos grands ports au point de vue des navires transatlantiques rapides, on tend par le fait même à satisfaire aux conditions des grands navires de commerce de demain.

Bref, le problème est posé ; il ne peut être résolu par la négative uniquement à cause des surprises ou des embarras qu'il pourrait susciter, ou même en raison des difficultés qu'on pourrait rencontrer dans sa réalisation.

Il n'en est pas moins vrai que ces prévisions ne datent pas d'aujourd'hui et qu'elles ont été déjà signalées à plusieurs reprises.

Nous pouvons citer particulièrement à ce sujet l'opinion de M. Elmer C. Corthell, Ingénieur nord-américain, d'une autorité pour ainsi dire universelle en cette matière. Il a justement publié, à l'occasion du dixième Congrès maritime tenu à Milan en 1905, un rapport des plus intéressants sur cette question, où il rappelle un travail analogue déjà fait par lui en 1900.

Dans des tableaux basés sur les dimensions des vingt plus grands navires du monde à différentes époques depuis 1848 jusqu'en 1903, et prolongés hypothétiquement jusqu'en 1923 et 1948, il avait, en effet, cherché à résumer pour ainsi dire l'histoire passée et future de l'architecture navale pendant un siècle.

Ses prévisions de 1900, qui paraissaient alors quelque peu audacieuses, ont cependant été dépassées en 1903, et les dimensions de navires qu'il indiquait alors, pour 1923, se trouvent atteintes et même dépassées aujourd'hui.

Voici d'ailleurs ses conclusions sur les dimensions probables des navires en 1948 ; on peut les résumer ainsi :

Longueur : 1 000 pieds, soit 305 m ;
Largeur : 100 pieds, soit 30,50 m ;
Tirant d'eau : 33 pieds, soit 10 m ;
Tonnage : 30 000 t.

Or, ces soi-disant exagérations d'hier sont, comme on le voit, presque des réalités aujourd'hui, puisque le tonnage, la largeur et la profondeur, *prévus pour dans quarante ans*, se trouvent actuellement réalisés à peu de chose près dans le *Lusitania* et le *Mauretania*, sauf en ce qui concerne la longueur.

Notons également l'opinion de Sir William H. White, ancien directeur des Constructions Navales Anglaises, qui est, sans contredit, l'un des hommes les plus compétents à ce sujet.

Dans un discours qu'il prononçait en 1903, comme président de l'Institution of Civil Engineers de Londres, Sir W. H. White signalait en effet déjà que l'une des causes principales de l'insuffisance des ports provenait du manque absolu d'entente et de collaboration entre les constructeurs de navires et les constructeurs de ports. L'accroissement des dimensions et de la puissance des unités navales qu'il entrevoyait alors lui donnait la certitude qu'à très bref délai les installations maritimes deviendraient insuffisantes. Son cri d'alarme eut pour effet de jeter dans le désespoir les administrations des ports, qui, chaque jour, se sentaient de plus en plus gênées par le développement trop rapide des navires.

Il ajoutait d'ailleurs, qu'en raison de l'augmentation demandée dans la vitesse, il était devenu bien plus urgent d'accroître le tirant d'eau des navires que de chercher à faire de nouveaux progrès au point de vue de la longueur et de la largeur.

Sans vouloir entrer dans les détails, nous devons ajouter cependant qu'à son avis, un grand port de tout premier ordre devrait, à l'heure actuelle, être outillé en vue de recevoir des navires jusqu'à 305 m de longueur, 30,50 m de largeur et 10,70 m de tirant d'eau. Il est curieux de noter que ce sont là précisément les conclusions auxquelles M. Corthell arrivait, il y a huit ans déjà, mais pour 1948. Les progrès sont donc plus rapides qu'on n'aurait pu le penser alors.

Si, d'ailleurs, l'on recherche quelles sont les préoccupations qui dominent dans les grands centres maritimes, on rencontre partout des courants d'idées tout à fait analogues et des projets d'agrandissement correspondants.

Le Canal de Suez, par exemple, qui fut inauguré en 1869, et dont le tirant d'eau autorisé était de 7 m à l'origine, a dû depuis être approfondi et élargi à plusieurs reprises. Son tirant d'eau autorisé qui, jusqu'à ces temps derniers, était encore de 8,23 m pour une profondeur réelle de 9 m, vient ainsi d'être porté à 8,50 m, depuis le 1er janvier 1908, avec une profondeur de mouillage de 9,50 m.

M. Alby, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans un très intéressant mémoire sur le port de Marseille, publié à l'occasion du Congrès des Travaux Publics qui s'est tenu à Bordeaux en octobre dernier, fait justement ressortir l'importance des transformations futures dans le tirant d'eau des navires, en constatant qu'à l'heure actuelle on travaille déjà à réaliser

sur le canal de Suez un mouillage de 10,50 m qui laisserait pour le tirant d'eau une profondeur effective de 9 m au minimum. Ce programme semble devoir être accompli dans un délai de cinq années.

« D'ailleurs, ajoutait-il, ce n'est là qu'une étape à laquelle » succedera vraisemblablement une nouvelle étape plus consi- » dérable encore. Il n'est donc pas exagéré de prévoir l'éven- » tualité d'un canal de Suez livrant passage à des navires de » 12 m de tirant d'eau, et cela dans un avenir qui ne serait pas » très éloigné. »

Douter que les navires n'utilisent pas une telle faculté serait une dangereuse illusion. Il suffit, pour se convaincre du contraire, de rappeler l'empressement avec lequel le monde maritime a toujours mis à profit l'approfondissement progressif du canal, ainsi que l'impatience avec laquelle il attend toujours de nouvelles transformations.

La mise en service de plus grosses unités correspond, en effet, à une très grande économie dans les prix de transport. Il est donc naturel que les intéressés s'empressent de réaliser cette économie, dès qu'elle deviendra possible.

Avant de quitter la Méditerranée, il faut encore citer le futur bassin Victor-Emmanuel du port de Gênes, que l'on construit actuellement avec une profondeur de 12 m d'eau *(Pl. 156, fig. 1)*.

De quelque côté que l'on regarde, on aperçoit le même mouvement. Rien ne saurait donner une idée plus nette de son ampleur que les nouvelles qui viennent du canal de Kiel. Il y a un peu plus de dix ans que le cánal Kaiser Wilhelm a été mis en exploitation. Sa largeur, au plafond, était alors de 22 m, son mouillage de 9 m, et l'on donnait aux écluses de Brunsbüttel et de Holtenau, 150 m de longueur sur 25 m de largeur, et respectivement 10 m et 9,60 m de mouillage.

Or, ces dimensions vont être agrandies et dans quelle mesure? Les écluses vont être aménagées en vue du passage de bateaux de 300 m de longueur et mesureront 330 m entre buscs; elles auront 45 m de largeur et leur mouillage sera de 13,77 m sous le niveau de flottaison moyen du canal, ce qui correspondra à un mouillage minimum de 12 m en temps de flottaison minima.

De son côté, le profil transversal du canal va être réalisé avec 44 m de largeur au plafond pour 11 m de mouillage sous niveau de flottaison moyen, et la largeur au niveau de flottaison sera de 101,75 m. Ce nouveau profil est d'ailleurs déjà prévu comme

pouvant être majoré dans la suite, si le besoin s'en fait sentir et son mouillage porté à 13,50 m ou 14 m sans conduire à des dépenses exagérées.

Le devis estimatif des travaux est de 221 millions de marks. Ils seront exécutés dans un délai de sept à huit ans.

La réalisation de ce programme ferait ainsi du canal de Kiel la véritable porte d'entrée de la Baltique, puisque les hauts fonds du Sund, en dessous de Copenhague, n'offrent qu'un mouillage de 23 pieds sous zéro ou 7 m. On peut aisément concevoir l'impatience avec laquelle le gouvernement Allemand doit attendre la solution de cet important problème, qui le rendra un jour pour ainsi dire maître de la Baltique.

De son côté, le nouveau projet d'agrandissement du port d'Anvers (projet de la grande coupure) comporte la création d'un immense bassin-canal dont les écluses auraient au moins 300 m de longueur, 33 m de largeur et 11 m de profondeur. Quant à Seebruges, le port en eau profonde de la Belgique, inauguré il y a peu de temps, il possède déjà des quais accostables avec 10,50 m d'eau sous basse mer.

La même préoccupation attire également aujourd'hui l'attention des personnes chargées de l'administration du port de Rotterdam. On comprend dès maintenant la nécessité urgente d'un nouvel effort ayant pour but de porter à 10 m, à marée haute moyenne, la profondeur de son chenal d'accès, de manière à ce que le port de Rotterdam ne se trouve pas, au point de vue de l'entrée, dans une situation inférieure à ses rivaux : Hambourg, Anvers, Bremerhaven et Amsterdam. Hoek von Holland, l'avant-port de Rotterdam, est d'ailleurs déjà relié à la mer par des fonds qui, à marée moyenne, ne sont nulle part inférieurs à 10,20 m; il constitue en fait un excellent port de vitesse en eau profonde à l'embouchure de la Meuse. Pareillement, 'Ymuyden, le port extérieur d'Amsterdam, jouit déjà d'une profondeur de 10,50 m à mi-marée. Et l'on peut dire que, lorsque les travaux d'amélioration du Canal du Nord seront terminés, le port d'Amsterdam se trouvera en possession d'une excellente voie d'accès avec 9 m de tirant d'eau.

Il n'en est pas moins vrai que l'amélioration de tous ces ports de la mer du Nord, en vue de l'accroissement continu du tirant d'eau des grands navires, peut rester un problème extrêmement inquiétant pour l'avenir commercial de ces ports. La plupart, en effet, construits loin de la mer, et en bordure de grands fleuves,

ne sont déjà que des ports de marée ; quant aux autres, établis vers l'embouchure des mêmes cours d'eau, ils seront toujours très gênés par l'insuffisance d'eau et les énormes difficultés qu'entraine l'approfondissement de leur chenal d'accès, dans une mer peu profonde.

Si nous considérons à présent ce qui se passe dans le même ordre d'idées chez nos voisins d'Outre-Manche, il est impossible de n'être pas frappé de la grande importance qu'ils donnent à cette question.

Le discours prononcé le 5 novembre dernier par Sir William Matthews, président de l'Institution of Civil Engineers, n'a d'ailleurs fait qu'accentuer la vive préoccupation où l'on se trouve en ce moment dans le Royaume-Uni, de faire très rapidement tout le nécessaire pour ne pas entraver le développement normal des grands navires, tout en maintenant à l'Angleterre la situation prépondérante de ses ports. C'est ainsi qu'on a créé de toutes pièces le nouveau port de Douvres avec sa grande rade artificielle assurant un mouillage de 12 m sous zéro *(Pl. 156, fig. 2)*.

L'approfondissement à 35 pieds sous zéro, c'est-à-dire 10,70 m, du chenal d'accès au port de Southampton et l'achèvement prochain de ce travail à 40 pieds, c'est-à-dire 12,20 m, la construction d'un nouveau bassin en eau profonde et notamment la mise en service, en 1905, d'une grande cale de radoub de 260 m de longueur, montrent bien les efforts considérables que l'on fait dans ce port pour y attirer et y retenir les grands paquebots transatlantiques anglais et allemands.

Ces améliorations ont déjà amené la Compagnie de la White Star à choisir, à partir du mois de juin 1907, le port de Southampton comme tête de ligne de ses services rapides sur New-York.

Enfin, si l'on s'en rapporte à une communication toute récente de M. Anthony George Lyster, qui préside dans une large mesure aux destinées du port de Liverpool, on voit que, depuis 1899, on a dragué plus de 40 000 000 de mètres cubes, pour approfondir le chenal extérieur du port. Les fonds ainsi obtenus sont aujourd'hui de 28 pieds à marée basse d'équinoxe, ce qui représente 42 pieds ou 12,70 m au-dessous du niveau moyen de la mer. Depuis, l'administration du port vient de faire construire une très puissante drague suceuse, d'une capacité de 10 000 t, susceptible de draguer jusqu'à 40 pieds sous basse mer de vives eaux.

M. Lyster termine d'ailleurs sa communication en déclarant que : « eu égard à l'accroissement continu dans les dimensions des navires », il a sollicité et obtenu, dans la session de 1905-1906, l'approbation du Parlement pour un grand programme d'ensemble comportant notamment la création de nouveaux docks et l'amélioration du chenal d'entrée; tout cela, dit-il, en prévision de navires de 1000 pieds de longueur et de 40 pieds de profondeur. Nous voyons là une nouvelle confirmation des prévisions que nous avons formulées en commençant.

La création, à l'embouchure de la Tamise, d'un chenal profond de 30 pieds et 1 000 pieds de large, allant jusqu'à Gravesend et son prolongement jusqu'au Royal Albert Dock, et même ensuite jusqu'au Surrey Commercial Dock, en sont une autre confirmation.

Enfin, avant de quitter l'Angleterre, nous devons ajouter que l'on y rencontre déjà sept grands bassins de radoub dont la longueur dépasse 250 m, et dont celui de Liverpool atteint 282 m; en plus, l'on y projette déjà à Newport sur le canal de Bristol, une nouvelle forme de radoub dont les dimensions seraient : longueur 305 m, largeur 42 m à l'entrée, hauteur d'eau à marée basse 13,40 m.

L'examen de ce qui se passe en Amérique et particulièrement aux États-Unis n'est pas moins concluant.

C'est ainsi que les autorités chargées du port de New-York ont décidé, en 1899, l'approfondissement d'une des voies d'accès autrefois connue sous le nom de chenal de l'Est, et que l'on appelle aussi « l'Ambrose Channel », avec un mouillage de 40 pieds (12,20 m) à marée basse, et 2 000 pieds, soit 610 m de largeur. Cet énorme travail, qui s'étend sur 7 milles de longueur, comporte l'enlèvement de 42 500 000 m³ (*Pl. 156, fig. 3*).

Au mois de juillet dernier (1907), ce nouveau chenal était déjà suffisamment aménagé pour assurer un mouillage de 35 pieds, soit 10,70 m, à marée basse, et il put ainsi livrer passage au *Lusitania*, lors de son premier voyage. Ces travaux sont d'ailleurs en ce moment aux deux tiers exécutés et il en résulte déjà une économie de temps d'une heure et demie pour les navires qui empruntent « l'Ambrose Channel » à la place de l'ancien chenal Gedney.

Quand on rapproche la profondeur qu'aura bientôt ce chenal, c'est-à-dire 12,20 m sous basses eaux, de la profondeur de 23 pieds 7 pouces soit 7,19 m, que présentait l'entrée du port de New-York

avant 1884, on peut juger de l'importance des progrès réalisés.

De son côté, la Commission du canal de Panama s'est arrêtée aux mêmes dimensions de navires pour la construction des écluses et a adopté notamment la profondeur de 40 pieds soit 12,20 m. Il paraît même que quelques-uns de ses membres se sont ravisés dernièrement pour demander que la largeur des écluses soit portée à 120 pieds, soit environ 38 m.

Si l'on veut enfin jeter un coup d'œil sur les nouveaux ports maritimes de l'Amérique du Sud, on voit que les nouveaux grands ports de l'Argentine, de l'Uruguay et du Brésil, sont presque tous étudiés ou en voie de réalisation avec le souci de leur assurer dès à présent au moins de 9,50 m à 10 m d'eau sous zéro.

Après le résumé que nous venons de faire des différents travaux en cours d'exécution ou en préparation, il ne semble plus y avoir de doute possible sur la première question que nous nous étions posée. Les dimensions des navires et leurs progressions normales ne permettent plus de projeter aujourd'hui des améliorations, *dans les ports de grand transit international*, sans tenir compte de l'importance des navires qu'ils devront abriter prochainement, c'est-à-dire d'ici 15 à 20 ans. Et à ce sujet les différentes autorités maritimes paraissent avoir admis unanimement pour les dimensions des navires les chiffres que nous venons de citer, c'est-à-dire :

300 à 350 m pour la longueur,
30 à 35 m pour la largeur,
12 à 13 m de tirant d'eau.

A peine est-il besoin d'ajouter qu'un certain nombre de ports et de baies naturelles, tels que le port d'Halifax et la baie de Delaware dans l'Amérique du Nord, le port de Queenstown en Irlande, ceux de Plymouth et de Douvres en Angleterre, les rades de Brest et de Cherbourg en France, offrent déjà des conditions naturelles largement suffisantes pour de pareils navires.

Les rades intérieures de New-York, avec des profondeurs de 15 à 18 m et celle de Liverpool avec 15 m montrent bien aussi, que, de ce côté, rien ne s'opposera à l'accroissement des dimensions des grands navires dans les conditions que nous venons d'envisager, notamment pour les lignes desservant les États-Unis de l'Amérique du Nord.

CHAPITRE II

Quelles sont les conditions que doit réaliser un grand port moderne?

Après avoir examiné les récents progrès de l'architecture navale et escompté, dans une certaine mesure, son développement prochain, nous sommes naturellement amenés à étudier les conditions que devront présenter les grands ports de l'avenir.

Une remarque préliminaire s'impose tout d'abord, afin de ne laisser subsister aucune méprise. Ce que nous avons dit au début de cette étude pourrait, en effet, laisser croire qu'en nous occupant des ports en eau profonde, nous n'avons eu en vue que le développement des ports extérieurs plus particulièrement destinés à la navigation transatlantique.

L'exemple de certains ports étrangers nous montre, au contraire, qu'il existe un lien intime entre le développement, et par conséquent la prospérité, des ports intérieurs et des ports extérieurs. Cuxhaven, à l'embouchure de l'Elbe, complète le port de Hambourg placé à 110 km de la mer du Nord. Il en est de même de Bremerhaven pour Brême, et la création du port de Seebruges, sur la mer du Nord, en est un nouvel exemple en faveur d'Anvers.

Ces ports, que l'on a appelés d'une façon si heureuse « ports conjugués », ont pour ainsi dire chacun leur rôle spécial pour attirer la marchandise, les passagers et les navires. Le port extérieur est alors plus spécialement chargé de recevoir les grands courriers postaux, les marchandises chères et pressées, aussi bien à l'importation qu'à l'exportation. C'est aussi le point de transit des passagers toujours désireux d'abréger les diverses étapes de leur voyage, afin d'en diminuer la durée totale, ce qui ne peut être obtenu qu'avec des bateaux de plus en plus rapides et par conséquent de plus en plus grands.

De son côté, le port intérieur sera évidemment toujours le plus économique pour les marchandises et cela d'autant mieux qu'il sera placé plus avant dans l'intérieur du pays; mais ses facultés maritimes et commerciales seront forcément proportionnées au tirant d'eau qu'il présentera et au tonnage des navires qu'il pourra recevoir.

La voie d'eau n'est-elle pas manifestement plus avantageuse que la voie ferrée, surtout lorsqu'il s'agit de matières pondéreuses et encombrantes, telle que la houille, les bois, les minerais et les fers? A ce point de vue spécial des ports conjugués, on peut dire que la France se trouve merveilleusement organisée, puisqu'elle possède déjà Le Havre, Rouen et Paris sur la Seine, Saint-Nazaire et Nantes sur la Loire. Bordeaux n'est apparemment pas aussi bien complété par Pauillac, mais la création d'un avant-port à l'embouchure de la Gironde comblerait rapidement cette lacune. Marseille même, qui semble aujourd'hui isolé, n'aurait-il pas beaucoup à profiter du développement de Lyon comme port intérieur?

Il est profondément regrettable que nous ayons méconnu, si longtemps chez nous, l'immense profit que l'on pouvait tirer de cette heureuse situation. Les rivalités qui, jusque dans ces dernières années, divisaient encore nos ports conjugués et, en général, tous les éléments vitaux de notre organisation maritime, ont malheureusement trop nui au développement normal des uns et des autres.

Grâce aux nécessités imposées par une lutte commerciale de jour en jour plus vive, ce fâcheux état de choses semble enfin disparu. On peut donc espérer que l'entente actuelle se transformera bientôt en une véritable collaboration pour le plus grand profit du développement économique du pays tout entier.

L'aménagement des grands ports extérieurs étant généralement plus complexe et leurs exigences techniques plus nombreuses, c'est pour eux plus spécialement que nous allons chercher à préciser les conditions que doit remplir un grand port moderne. Mais il reste bien entendu que la majeure partie de ces conditions sont généralement applicables aux ports intérieurs dans les limites du tirant d'eau que peut permettre l'approfondissement de leurs chenaux d'accès.

Ceci posé, si l'on veut obtenir des résultats vraiment appréciables et éviter tout mécompte dans un avenir prochain, le programme de la transformation de nos grands ports doit, à notre avis, être envisagé dès aujourd'hui dans toute son ampleur.

Dans ces conditions, le problème se présente sous le triple aspect :

1° Des dispositions physiques et des conditions techniques qu'un port doit remplir;

2° De l'aménagement général, qui doit en faire un organisme vraiment industriel et économique;

3° D'une organisation et d'une direction commerciale bien comprise, tendant par tous les moyens à attirer les marchandises et à faciliter les transactions.

Considérés au premier de ces points de vue, les grands ports de l'avenir doivent avant tout être situés en eau profonde ou le plus près possible des grands fonds, soit dans de vastes baies à grand mouillage, soit à l'extrême embouchure des rivières, soit en emprise sur la mer, à l'abri de jetées suffisamment éloignées de la côte pour que les navires puissent, en tout temps, y évoluer avec assez d'eau sous leur quille.

Ils doivent d'abord être pourvus, autant que possible, de grandes rades abritées d'une manière naturelle ou artificielle, où les navires puissent accéder « à toute heure de marée, » avec des fonds de 10 à 15 m, ou bien ils doivent posséder des chenaux d'accès présentant les mêmes avantages.

Il faut, d'autre part, qu'une fois entrés dans le port, les navires puissent se placer immédiatement le long d'un quai et à proximité d'une gare maritime, de manière à supprimer toute perte de temps et toute incommodité pour les voyageurs.

Certains quais d'escale transatlantique sont, dès à présent, en projet ou même construits avec 10 à 12 m d'eau à leur pied. Mais, en vue des nécessités d'un avenir prochain, il ne semble pas qu'on doive en fonder aujourd'hui à moins de 14 à 15 m, de manière à être en mesure de satisfaire largement aux tirants d'eau de 13 m environ envisagés déjà dans l'architecture navale.

En dehors d'un quai d'escale, indispensable au service des lignes transatlantiques, un grand port doit être muni de toute une série d'autres quais appropriés aux divers genres de navigation qui le fréquentent. La partie de ces quais destinée aux grands navires doit, autant que possible, être accessible à toute heure, afin que les navires ne s'y trouvent pas emprisonnés jusqu'à ce que la marée haute leur permette d'évoluer. D'autres parties du port doivent, au contraire, être disposées pour le cabotage et la batellerie fluviale.

Il est, en outre, indispensable que tous ces quais soient munis de l'outillage nécessaire à la manutention rapide et facile des marchandises, tel que grues, pontons-mâtures, cabestans et

transbordeurs électriques, ainsi que des chaussées et voies ferrées permettant l'accès de toutes ses parties, sans oublier les hangars, magasins, entrepôts, gares de triage, etc. Un grand port doit aussi posséder un bassin spécial suffisamment isolé pour la réception du pétrole et, d'une façon générale, de toutes les marchandises dangereuses.

Il doit également être pourvu d'installations convenables pour la réparation et la visite des navires, et, si l'on considère des grands paquebots de 300 à 330 m de longueur, de 30 à 35 m de largeur et de 12 à 14 m de tirant d'eau, on se rend aisément compte de l'importance que peuvent prendre de pareilles installations. Les bassins de radoub sont, en effet, indispensables à l'existence des navires et partant à la vie d'un port. C'est d'ailleurs cette considération qui fait que l'on constate en ce moment, de tous côtés, à l'étranger comme en France, une vive inquiétude par suite de l'insuffisance des moyens de réparation des nouveaux navires, aussi bien dans les ports commerciaux que dans les arsenaux.

D'autre part, pour être exploitées pratiquement, les cales ou appareils de radoub ne doivent pas être prévues avec de trop faibles profondeurs, car elles ne deviennent alors utilisables qu'au moment de la haute mer, ce qui, en cas d'avaries survenant à un navire, peut être extrêmement dangereux. Si leur accès à toute heure de marée peut entraîner certains inconvénients, tels qu'une exagération dans la profondeur qui peut nuire à leur bonne utilisation, tels surtout qu'une dépense exagérée, il semble tout au moins prudent d'adopter, pour la cote du seuil, un terme moyen entre la marée haute et la marée basse, de manière à en prolonger l'utilisation, même dans le cas de nouveaux progrès dans l'architecture navale.

Il faut enfin que les programmes d'ensemble soient toujours conçus sur un plan suffisamment vaste, — on pourrait même dire trop vaste, — au point de vue des emprises et des grandes lignes, sauf à les exécuter seulement au fur et à mesure des ressources et des nécessités ; et il faut surtout que ces programmes d'ensemble prévoient toujours la possibilité de nouvelles extensions, si l'on ne veut pas constamment être en retard et dépenser doublement.

Dès que la structure physique et les conditions techniques du port ont été bien prévues et fixées de manière à satisfaire à

toutes les nécessités présentes et prochaines de la grande navigation, il reste alors à envisager le problème à son point de vue industriel et économique.

A ce point de vue, un port moderne n'est en réalité qu'une véritable usine de manutention, un organisme de suture entre les voies ferrées et les voies de navigation intérieure d'une part, et les grandes routes maritimes de l'autre. La valeur de cet organisme ne réside pas seulement dans la possibilité de recevoir les plus grands navires, mais aussi, et surtout, dans la disposition même des installations, dans le perfectionnement de l'outillage, et dans la rapidité de toutes les opérations de transit, qu'il s'agisse de marchandises ou de voyageurs.

Cette nécessité de rapidité est d'ailleurs rendue de plus en plus urgente par les conditions économiques de la navigation. Chaque grand vapeur d'aujourd'hui représente un capital beaucoup trop important et des dépenses journalières beaucoup trop élevées pour qu'il puisse rester longtemps inactif. Sa raison d'être est dans le voyage, et sa rémunération dans le fret. Le temps de l'escale doit donc être réduit au minimum, aussi bien dans l'intérêt de l'armement qu'au profit du commerce, qui peut ainsi espérer de meilleures conditions. C'est aussi l'intérêt du port lui-même, qui, mieux organisé et plus puissamment outillé, pourra suffire aux opérations d'un même tonnage en un temps plus court et, de ce fait, gagner en production annuelle sans augmenter ses dépenses de premier établissement.

Bref, une organisation industrielle bien appropriée procurera sans aucun doute au commerce et à l'armement des avantages de toute sorte ; elle permettra même, dans certains cas, d'abaisser les tarifs du port et d'attirer ainsi un plus grand courant de marchandises,

Les ports en rivières, comme Anvers et Lisbonne, pourvus de quais profonds, disposés en bordure d'un fleuve ou d'une large rade, présenteront pour l'accostage et le départ rapide des navires des facilités beaucoup plus grandes que ceux, comme Cardiff ou Londres, dans lesquels les nécessités locales ont obligé de créer des bassins de marée avec des pertuis éclusés. Les grands ports de l'Amérique du Nord, avec leurs rives hérissées de wharfs contre lesquels les navires viennent directement s'embosser dès leur arrivée, offrent eux aussi des avantages considérables. Si l'on considère d'autre part, certains ports à bassins trop exigus, où les navires ne peuvent évoluer qu'à grand renfort d'aides,

d'amarres et de remorqueurs, on est forcé de constater leur évidente infériorité par rapport aux premiers.

Le service des grands paquebots nécessite, comme on l'a vu, des quais en eau profonde, accessibles à toute heure de marée et directement reliés avec les grandes lignes de chemin de fer avoisinantes. Il nécessite, en outre, des installations complémentaires pour faciliter le transit des voyageurs et des émigrants : gares maritimes, postes de désinfection pour les bagages, etc., en résumé, tout ce qu'il faut pour que le transit des voyageurs puisse s'effectuer avec toutes les facilités désirables et dans le plus court délai possible. La plupart de ces conditions sont aujourd'hui parfaitement réalisées dans certains ports, et notamment chez nous, pour ce qui concerne les relations avec l'Angleterre, comme à Calais, Boulogne ou Dieppe. Elles sont partiellement assurées au Havre, mais on doit ajouter qu'à Marseille et à Bordeaux surtout, rien ou presque rien n'a été tenté pour favoriser le transit des voyageurs, qui constitue cependant un des plus grands éléments de richesse pour la France.

Si l'on considère ensuite la zone plus particulièrement commerçante du port, où se font les opérations d'embarquement et de débarquement des marchandises, pourquoi ne pas rechercher une solution plus pratique dans la disposition des wharfs américains, tout en donnant peut-être à la construction de ces wharfs un caractère moins précaire? Cette disposition, quand elle est applicable, présente la grande supériorité de procurer un plus grand développement de quai pour une même longueur de rive ; elle a d'ailleurs été récemment adoptée dans le projet d'agrandissement du port d'Anvers. Le navire profite alors d'une grande simplification dans l'une au moins de ses manœuvres, soit à l'arrivée, soit au départ, si l'on donne à ces wharfs une certaine obliquité vers l'entrée du port. Il en résulte aussi, et tout naturellement, de très grands avantages dans la disposition des voies ferrées par la suppression des plaques tournantes, toujours fort incommodes, et leur remplacement par des courbes accessibles aux wagons par rames complètes.

Pour favoriser les opérations des navires, aussi bien à l'embarquement qu'au débarquement et éviter l'encombrement, il faut aussi prévoir en arrière des quais des surfaces de terre-pleins suffisamment larges. On admet, en général, dans cet ordre d'idées que l'on doit pouvoir disposer, pour un travail intensif, d'une largeur d'environ 70 m pouvant atteindre jusqu'à 150 m,

rien que pour les quais, voies ferrées, magasins, dépôts à ciel ouvert et chaussées.

Une autre préoccupation, tout à fait capitale dans l'étude de l'aménagement industriel d'un port, doit également consister dans l'accès facile de chacune de ses parties. Il importe en effet d'assurer autant que possible leur indépendance respective, au point de vue de la circulation par voie ferrée ou par voie charretière, afin d'éviter tout encombrement et d'obtenir ainsi une séparation systématique des principaux courants de marchandises.

La liaison entre le navire et la voie ferrée ne doit pas exister seulement sur le papier et pour la forme, comme c'est malheureusement souvent le cas; il faut que ce soit au contraire une liaison vraiment effective et intime qui permette d'assurer le mouvement des wagons par trains complets. Il ne s'agit donc pas simplement d'une ou deux voies placées le long d'un quai, mais bien d'un véritable réseau, qui, si l'on y comprend les voies d'opérations et de stationnement, les voies d'évitement, de garage et de circulation, les voies de triage et les voies de grues, peut facilement représenter 10 à 20 km de voies ferrées par kilomètre de quai, lorsqu'il s'agit d'une installation outillée pour un trafic très important.

Le manque d'unité de vues entre les divers services de l'Administration d'un port, — qui existe trop souvent, — présente l'inconvénient grave de ne permettre l'étude de son aménagement et de son outillage qu'une fois sa construction achevée. Il semblerait cependant indispensable d'adapter, dès le début, la disposition des installations à leur destination véritable. L'aménagement d'un port à minerai, comme Bilbao, n'a rien de commun, par exemple, avec celui de Marseille, où passent des marchandises de toutes catégories et beaucoup de voyageurs. Les ports à céréales des grands lacs de l'Amérique du Nord, ou ceux de l'Argentine, sont disposés tout autrement que des ports à charbon comme Cardiff ou Newcastle. En résumé, il faut approprier chaque port, et souvent même chaque partie du port, au rôle économique qu'on veut lui faire remplir, de manière à toujours assurer les opérations avec le maximum de rapidité et d'économie.

Si l'on passe maintenant à l'examen des moyens de carénage ou de réparation des navires, il semble alors que l'on devrait toujours chercher à réunir dans une même partie du port les

bassins ou appareils de radoub, les cales inclinées, les quais d'armement avec leur outillage spécial, enfin les ateliers de réparations qui en sont le complément indispensable.

En continuant à considérer le même point de vue industriel, on se convainc très vite qu'un grand port moderne, toujours en voie de transformation et nécessitant des dépenses de plus en plus considérables, ne peut plus être conçu comme autrefois. Sans aucun doute, les ouvrages extérieurs directement exposés à la mer, doivent être construits avec toute solidité et d'une manière définitive ; ils constituent en effet la base même de l'édifice et sa principale garantie de sécurité. Mais il n'en est pas de même des installations intérieures qui, en raison de leurs transformations constantes, pourraient très bien présenter un caractère plus provisoire et surtout plus économique. Du moment qu'il ne s'agit plus d'ouvrages destinés à défier les siècles, certains procédés industriels plus simples et moins coûteux ne sont peut être plus à écarter d'une manière aussi absolue. Toute installation maritime n'est en somme qu'une usine de manutention, dans laquelle on doit s'efforcer avant tout de pouvoir assurer le trafic le plus intense, au plus bas prix possible. Le port de New-York, où l'État s'est simplement chargé des grands travaux extérieurs, c'est-à-dire des canaux d'accès, du balisage et de l'éclairage, et où, par contre, toutes les autres installations n'ont qu'un caractère pour ainsi dire provisoire, faites aux frais des intéressés, moyennant une redevance à l'Administration du port, n'en est pas moins aujourd'hui le plus grand port du monde entier.

A cet effet, la formule de la mise au concours des ouvrages sur des programmes d'ensemble, qui a donné des résultats si intéressants à l'étranger, en mettant à profit l'expérience et l'initiative des constructeurs, pourrait assurément présenter les mêmes avantages chez nous.

Mais, pour produire des résultats véritablement importants, l'aménagement technique et industriel d'un port doit être complété par un certain nombre de mesures qu'il est utile de ne pas négliger.

« Commercialement », l'administration d'un grand port est un problème très complexe, puisque tout doit concourir à y attirer un plus grand courant de marchandises, soit par les bas prix de la manutention, du magasinage et du transit, soit par la rapidité

même des opérations, soit par les facilités douanières ou de toutes sortes que les marchandises y rencontrent.

A ce point de vue, on doit tout d'abord tenir compte du genre de transactions et d'opérations qui s'effectuent dans chaque port, de la nature des marchandises qui y transitent ou y sont entreposées, et aussi, dans une large mesure, des conditions et habitudes locales. On doit, d'autre part, y prévoir le classement méthodique des marchandises à leur arrivée et à leur départ, autant que possible par nature et par catégories, afin de diminuer les contrôles onéreux et les pertes de temps quand il s'agit de manipulations importantes. Il faut aussi chercher à y simplifier les rapports administratifs entre les services de la Douane, ceux de l'exploitation et le public.

Cette organisation doit, en somme, avoir pour but de faciliter les demandes et déclarations des capitaines, pilotes et agents du port, en même temps que celles des consignataires des marchandises ou agents maritimes; elle doit permettre l'acquittement des taxes, autant que possible, à proximité du lieu même du dépôt de la marchandise et éviter tout transport ou allée et venue inutiles.

Il faut également que les navires puissent accoster à quai, dès leur arrivée, et que, sans perte de temps, ils soient en mesure de commencer aussitôt leur chargement ou leur déchargement, afin de se trouver libres d'en repartir dès que leurs opérations sont terminées. Il faut enfin que la « libre pratique » leur soit accordée durant un temps aussi long que possible, afin d'éviter toute perte de temps à l'arrivée comme au départ, et qu'elle puisse même être donnée *à toute heure de nuit*, lorsqu'il s'agit des grands courriers postaux.

La réalisation de toutes ces conditions, qui doivent concourir à l'amélioration de la vie commerciale d'un grand port, ne serait cependant pas suffisante pour atteindre le but envisagé. A ce point de vue, l'on doit aussi tenir compte du rapport intime qui existe nécessairement entre le fret et la prospérité du port. Le développement d'un port n'est-il pas directement lié au bon marché du fret? Et pour qu'un fret soit bas, ne faut-il pas que les navires puissent opérer sur des cargaisons complètes? S'ils sont obligés, au contraire, d'entrer dans plusieurs ports pour y prendre ou y déposer des cargaisons de faible tonnage, ils doivent forcément augmenter leur fret, en compensation des frais d'escale. Il est donc bien évident que, si les navires ont le choix entre plu-

sieurs destinations, ils se rendront de préférence aux points où ils pourront opérer sur des cargaisons plus importantes. De son côté, le commerce choisira toujours, d'instinct, les ports où des départs fréquents lui assurent une prompte et économique expédition de ses marchandises. D'où il suit qu'un port relié par des services nombreux et réguliers à tous les marchés du monde, deviendra lui-même, par la force des choses, un des plus grands marchés.

Il semble donc, à première vue, que tout dépende des Compagnies de navigation auxquelles il appartient d'établir des lignes régulières. Encore faudrait-il dans ce cas que les ports satisfassent, tout d'abord, aux conditions que la marine marchande est en droit d'exiger d'eux. Mais, à tout bien considérer, l'on se rend vite compte que la solution du problème des frets et des grands marchés n'est pas uniquement une question d'armement. Il faut surtout, pour qu'un port progresse que les marchandises puissent y affluer de tout l'hinterland qu'il dessert, ou bien inversement, y pénétrer avec des conditions de transport véritablement bon marché. Il faut, en définitive, qu'il soit desservi vers l'intérieur par des voies d'eau bien aménagées, pour le transport économique des matières lourdes, encombrantes ou de peu de valeur, qui ne sauraient que difficilement payer la dépense plus élevée d'un transport par voie ferrée, tandis que, sous le rapport des marchandises chères et des passagers, il n'est pas moins intéressant que le port soit le point d'aboutissement de tout un réseau de voies ferrées permettant, au besoin, d'attirer à son profit le grand transit international.

Pour que certains ports deviennent de grands marchés de fret et de marchandises, il semble également que l'on devrait y faciliter l'application du régime des « zones franches ». Ce régime, qui a très souvent été confondu avec celui des ports francs, ne devrait viser, en réalité, que certaines marchandises entreposées en vue de leur réexportation et pouvant, dans ces enceintes, être améliorées, transvasées, mélangées ou divisées, afin d'être mises sous une forme plus commerciale.

La création de pareilles zones devient, d'ailleurs, très facile, dès que l'on admet le principe de la fermeture de chaque port ou partie de port, au moyen d'une clôture ou grille empêchant toute communication directe entre leurs terre-pleins et la ville. Ces zones franches existent, du reste, dans beaucoup de ports à l'étranger, sous le couvert des règlements ou de certaines facilités

douanières, sans même que le nom en soit prononcé; elles y favorisent toujours la création de grands courants d'échanges ou de dépôts de marchandises, qui, sans ces facilités, n'auraient aucune raison de rechercher ces ports.

Il existe enfin un autre élément de prospérité qu'il faut bien se garder de négliger. C'est l'apparition incessante et le développement constant des industries de toutes sortes, intéressées à venir se grouper au point d'aboutissement de toutes les voies terrestres, fluviales et maritimes. Ces industries bénéficient ainsi d'un minimum de frais de transport, aussi bien à l'importation qu'à l'exportation. C'est le cas des chantiers de constructions navales, des industries de transformation traitant des matières premières importées, tels que aciéries, huileries, raffineries de pétrole ou de sucre; c'est aussi le cas des usines d'engrais chimiques, des tuileries, des usines de briquettes et des dépôts de charbon. Ces agglomérations industrielles sont toujours des plus favorables au développement d'un port puisqu'elles constituent un des éléments principaux de son trafic et, par le fait, concourent à l'abaissement du fret. Il semble donc tout naturel qu'on apporte le plus grand soin à favoriser la création, l'essor et le développement de ces industries, en mettant au besoin à leur disposition des bassins spéciaux, comme cela s'est pratiqué quelquefois à l'étranger, ou bien même en facilitant la création des installations maritimes indispensables à leur développement. On pourrait ainsi mettre à la disposition des industries nouvelles certains terrains conquis par le creusement ou l'agrandissement des ports.

Toutes ces conditions multiples sont souvent très difficiles à réaliser, surtout lorsqu'il s'agit d'améliorer un port déjà ancien, ce qui est généralement le cas chez nous. On se trouve alors en présence d'habitudes acquises que l'on doit ménager, ou de constructions existantes, qu'il faut respecter et utiliser tant bien que mal. Aussi ne réalise-t-on finalement que des demi-mesures qui, partant ne produisent que des demi-effets.

En outre, il faut presque toujours satisfaire en même temps plusieures administrations indépendantes, nouvel écueil non moins dangereux que le précédent, car chacune d'elles, au lieu d'envisager le problème dans son ensemble, n'y cherche quelquefois que le moyen d'affirmer sa prédominance. Le manque d'unité de vues dans les services de la construction et de l'exploitation constitue, en fait, une infériorité très grande, puis-

qu'il supprime toute initiative et toute responsabilité dans le fonctionnement économique du port. Les fâcheux effets de cette situation ne se font malheureusement que trop sentir dans bien des cas.

En présence de la nécessité du développement de nos installations maritimes, devenu aujourd'hui si urgent, il semble donc qu'une des premières réformes devrait consister dans l'octroi d'une plus large indépendance aux services intéressés, de manière à mieux proportionner les initiatives aux responsabilités. Mais nous n'en dirons pas davantage, pour le moment, sur cette question capitale, nous réservant de la traiter dans une autre partie de ce travail.

Pour conclure, l'emplacement d'un grand port doit, avant toutes choses, présenter le maximum de facilités pour ce qui concerne le mouillage et l'accès. Au point de vue des dispositions intérieures, il faut aménager le port d'une manière tout à fait pratique et industrielle, afin de favoriser, autant que possible, les opérations rapides des navires, le transit à bas prix des marchandises, et le débarquement ou l'embarquement prompt et facile des voyageurs. Un port doit enfin être dirigé comme un grand organisme commercial, qu'il est en réalité, et ceux qui président à son administration doivent avoir le souci constant d'y faire affluer des marchandises de toutes sortes en aussi grande quantité et à un prix aussi réduit que possible.

Tous les travaux d'aménagement, toutes les transformations, tous les agrandissements, qui sont aujourd'hui devenus partout indispensables, entraîneront forcément des dépenses considérables. Si donc la France tient à reconquérir et ensuite à conserver, au point de vue maritime et commercial, une situation véritablement en rapport avec ses ressources et le rôle économique qu'elle joue dans le monde, elle n'a pas un instant à perdre : il faut qu'elle sache prévoir, dès maintenant, l'amélioration de ses principaux ports et que, à bref délai, elle soit en mesure de les munir d'un outillage approprié et tout à fait moderne.

Il n'est pas inutile de répéter ici que, pour être efficace, ce programme doit être envisagé au triple point de vue dont nous avons parlé, et en escomptant dès à présent les nécessités et les exigences de l'armement pour une période de 15 à 20 ans, et également les accroissements du tonnage de marchandises dont

il est susceptible, durant la même période, afin de ne pas être constamment en retard et afin surtout d'éviter des dépenses importantes sans aucun profit durable.

CHAPITRE III

Quels sont les ports français que leur situation géographique et leurs conditions naturelles prédestinent à ce rôle prépondérant.

L'étude que nous venons de faire des conditions actuellement nécessaires pour les grands ports de commerce et de transit va nous permettre de rechercher *quels sont les ports français qui peuvent prétendre à ce rôle.*

Pour mieux préciser la situation respective de nos ports au point de vue de leur mouvement maritime et faire ressortir l'importance particulière de certains d'entre eux, il est indispensable de faire appel aux chiffres du tonnage de jauge de ces différents ports depuis un certain nombre d'années. Ces chiffres se trouvent réunis dans un des tableaux ci-joints.

Il nous a paru également utile de compléter ce premier tableau par celui du mouvement des marchandises à l'entrée et à la sortie. Cet examen fait tout de suite ressortir que certains de nos ports, tels que Cherbourg et Boulogne, ont pris tout récemment une grande place dans le mouvement transatlantique, tandis que d'autres, comme Rouen et Dunkerque, font plutôt preuve d'une activité commerciale des plus importantes.

Au point de vue de la grande navigation transatlantique, c'est-à-dire en ce qui concerne les services réguliers assurés par des navires de très grandes dimensions, on se rend compte que certains de nos ports n'ont aucun rôle à jouer, du moins quant à présent. Les seuls d'entre eux qui aient pu, jusqu'ici, prendre part à ce mouvement sont : Marseille, sur la Méditerranée; Bordeaux, La Pallice et Saint-Nazaire sur l'Océan; Brest, Cherbourg, Le Havre, Boulogne, Dunkerque, sur la Manche ou à son entrée.

Mais les conditions nouvelles, auxquelles les grands ports transatlantiques devront satisfaire sous peu, imposent, dès à présent, un examen sérieux du problème, ainsi qu'une seconde sélection. Ces conditions ont déjà été énumérées plus haut. Elles

Tonnage de jauge à l'entrée.

	1869	1880	1890	1900	1905	1906	1907	PROGRÈS 0/0 DEPUIS 1890
Marseille.	2 218 000	3 636 000	4 871 000	6 464 000	7 824 000	7 974 000	8 444 903	73
Le Havre.	1 323 000	2 267 000	2 877 000	2 875 000	3 883 000	4 183 000	4 427 000	54
Cherbourg	163 000	490 000	223 000	1 822 000	1 879 000	2 594 000	3 503 000	1 470
Boulogne.	334 000	562 000	851 000	1 514 000	1 995 000	2 142 000	2 464 000	187
Dunkerque. . . .	427 000	849 000	1 453 000	1 612 000	2 071 000	2 285 000	2 278 000	56,7
Bordeaux.	772 000	1 604 000	1 956 000	2 088 000	1 905 000	2 212 000	2 196 000	12,2
Rouen	284 000	726 000	992 000	1 306 000	1 312 000	1 645 000	1 759 000	77
Cette	750 000	938 000	1 161 000	1 032 000	1 010 000	932 000	1 032 000	— 11,1
Saint-Nazaire. . .	271 000	519 000	757 000	953 000	921 000	890 112	947 081	25
La Rochelle. . . .	173 000	257 000	698 000	738 000	888 000	925 000	941 000	35
La Pallice	»	»						
Calais	334 000	556 000	597 000	819 000	869 000	856 000	813 471	36
Nantes.	275 000	329 000	413 000	578 000	682 000	760 000	765 000	85,5
Dieppe.	324 000	505 000	485 000	494 000	459 000	498 936	520 000	7,25

MOUVEMENTS MARITIMES DES PRINCIPAUX PORTS FRANÇAIS

Tonnage de Marchandises à l'Entrée et à la Sortie.

Renseignements tirés du Tableau général du Commerce et de la Navigation, sauf l'année 1907 fournie par les Chambres de Commerce de chaque port.

		1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Marseille	Entrée	3 795 000	4 057 000	4 013 834	4 382 854	3 822 500	3 880 000	4 122 000	4 638 511
	Sortie	2 426 000	2 293 000	2 474 233	2 676 560	2 432 163	2 712 000	2 738 000	2 492 227
	TOTAL	6 221 000	6 350 000	6 488 067	7 059 414	6 254 663	6 520 000	6 860 000	7 130 738
Rouen	Entrée	2 345 000	2 113 634	2 003 478	2 077 741	2 142 791	2 358 000	3 332 000	3 452 983
	Sortie	336 000	349 000	318 186	345 244	445 339	429 000	401 000	375 087
	TOTAL	2 681 000	2 462 634	2 321 664	2 422 985	2 588 130	2 787 000	3 733 000	3 828 070
Le Havre	Entrée	2 386 000	2 276 000	2 155 280	2 170 112	1 189 360	2 386 027	2 430 000	2 374 126
	Sortie	1 073 000	1 029 000	1 020 418	1 042 689	1 057 872	1 073 476	1 216 000	854 092
	TOTAL	3 459 000	3 305 000	3 175 698	3 212 801	3 197 232	3 459 503	3 646 000	3 228 218
Dunkerque	Entrée	2 028 000	1 923 900	1 798 709	1 915 861	1 827 689	1 999 000	2 481 000	2 397 181
	Sortie	872 000	995 803	917 871	860 457	932 094	997 000	909 000	956 663
	TOTAL	2 900 000	2 919 703	2 716 580	2 776 318	2 759 783	2 996 000	3 390 000	3 353 844
Bordeaux	Entrée	1 868 000	1 786 861	1 733 928	1 682 633	1 701 091	1 799 000	2 033 000	2 207 568
	Sortie	1 163 000	1 054 571	960 690	1 125 459	880 359	1 098 000	1 037 000	1 047 940
	TOTAL	2 854 000	2 838 432	2 694 618	2 808 092	2 581 450	2 897 000	3 070 000	3 255 508
	Entrée	1 398 000	1 268 811	1 157 536	1 038 166	928 501	883 000	1 103 000	1 225 592

	Total.	1 062 000	1 083 193	1 080 743	1 142 843	1 206 788	1 319 000	1 472 000	1 434 777
La Rochelle . . . . La Pallice.	Entrée	597 000	573 041	609 989	601 298	558 815	585 000	654 000	
	Sortie.	109 000	108 707	106 597	121 615	136 206	145 000	132 000	
	Total.	706 000	681 748	716 586	722 903	695 021	730 000	786 000	
Cette	Entrée	616 000	653 184	598 980	709 051	745 069	588 000	569 000	
	Sortie.	216 000	210 549	223 272	239 822	252 437	206 000	196 000	
	Total.	832 000	863 733	822 252	948 873	997 506	794 000	765 000	
Calais.	Entrée	368 000	271 480	311 742	342 606	327 092	261 000	543 000	482 714
	Sortie.	191 000	141 258	176 478	154 328	142 903	137 000	135 000	132 887
	Total.	559 000	412 738	488 220	496 934	469 995	398 000	678 000	615 601
Boulogne	Entrée	444 000	398 014	367 886	318 557	341 921	319 000	454 000	
	Sortie.	335 000	319 676	297 606	296 831	359 315	287 000	284 000	
	Total.	779 000	717 690	665 492	615 388	701 236	606 000	738 000	
Dieppe	Entrée	505 000	470 353	353 486	390 783	350 467	245 000	416 000	493 256
	Sortie.	124 000	122 954	143 928	129 192	131 088	126 000	141 000	133 816
	Total.	629 000	593 000	497 414	519 975	481 555	471 000	557 000	627 072
Cherbourg.	Entrée	127 000	143 071	142 614	156 457	160 831	144 000	149 000	152 163
	Sortie.	157 000	190 862	196 599	186 362	165 794	156 000	146 000	133 854
	Total.	284 000	333 933	339 213	342 819	326 625	300 000	295 000	286 017

Nota. — Les chiffres de 1907 ne sont pas encore tous connus et ne sont que provisoires.

exigent notamment un tirant d'eau de 12 à 13 m environ pour un avenir très prochain. Il faut donc rechercher quels sont ceux d'entre nos ports qui pourraient être bientôt en mesure de remplir ces conditions.

Sur la Méditerranée, Marseille offre tout d'abord du côté de l'Ouest, un accès très facile, avec des fonds de 15 à 20 m (*Pl. 156, fig. 4*).

D'autre part, le nouveau bassin de la Pinède et le futur bassin de la Madrague, dont les plans sont déjà arrêtés, peuvent facilement être aménagés pour recevoir à quai de grands steamers de 12 à 13 m de tirant d'eau, puisqu'ils présentent dans certaines parties des profondeurs naturelles très supérieures à ce chiffre. On peut donc considérer le problème de l'établissement d'un port méditerranéen de grand tirant d'eau comme d'ores et déjà résolu ou du moins comme pratiquement réalisable.

Il n'est d'ailleurs pas douteux que cet état de choses n'ait dans l'avenir une très grande importance au point de vue du développement de notre situation maritime dans le bassin de la Méditerranée. Comme tête de ligne ou comme port d'escale des lignes d'Extrême-Orient, Marseille peut donc facilement se trouver en avance au point de vue de l'accroissement possible dans les dimensions des navires qui fréquentent le canal de Suez, et cela à bref délai et pour une assez longue période.

Dans sa concurrence avec Gênes, qui se présente comme son rival le plus sérieux, dans son mouvement d'expansion vers l'Amérique, cette situation n'est pas moins heureuse; mais le port de Gênes offre, lui aussi, de réelles facilités d'accès pour les grands navires. Son extension prochaine comporte, d'ailleurs, également des bassins à grande profondeur.

Cependant, pour que Marseille puisse tirer un plus large profit de sa situation privilégiée, il est indispensable que la liaison entre le navire et la voie ferrée y devienne plus étroite et plus parfaite, de manière à réduire au minimum les pertes de temps pour les voyageurs ainsi que l'encombrement des marchandises. Il est même regrettable d'être obligé de constater que la seule ligne régulière qui ait pu obtenir l'organisation de « trains transatlantiques » venant embarquer et débarquer les voyageurs soit une Compagnie anglaise, la « Peninsular and Oriental Company. »

Pendant que nous nous occupons de Marseille, ne doit-on pas

ajouter que son véritable avenir réside dans la création prochaine d'un canal latéral au Rhône, dont la construction actuelle du canal de Marseille à Arles ne peut être considérée que comme la première phase. Il deviendrait alors le véritable débouché de toute la vallée de la Saône et de l'Allemagne du Sud. Mais, en prévision d'un pareil trafic et des besoins toujours croissants de la grande navigation moderne, ne devrait-on pas, dès à présent, prévoir des projets plus vastes que celui du bassin de la Madrague?

Il n'est pas sans intérêt de noter, en passant, que Toulon, notre grand port militaire sur la Méditerranée, se prête parfaitement aux tonnages croissants de l'architecture navale et à l'augmentation du tirant d'eau des navires jusqu'à 12 et 13 m.

Sur l'Atlantique, le problème est plus complexe. Jusqu'ici la grande navigation s'est plus ou moins répartie entre Bordeaux, La Pallice et Saint-Nazaire. Bordeaux est la tête de ligne de la Compagnie des Messageries Maritimes vers l'Amérique du Sud et la Côte Occidentale d'Afrique, ainsi que de quelques autres Compagnies moins importantes. Mais un certain nombre de ces navires ne remontent souvent que jusqu'à Pauillac, ou du moins sont obligés d'y relâcher pour s'alléger ou compléter leur chargement. La Pallice, au contraire n'est qu'un port d'escale, qui n'a guère été utilisé jusqu'ici, au point de vue où nous nous plaçons, que par les paquebots de la « Pacific Steam Navigation C° ». Enfin Saint-Nazaire est le point de départ des services de la Compagnie Transatlantique vers l'Amérique centrale.

L'accès de la Gironde par les grands paquebots qui fréquentent le port de Bordeaux, et dont les dimensions n'approchent cependant pas de celles des navires en service sur les lignes de New-York, est actuellement assez irrégulier; la montée ne peut, en effet, se faire la plupart du temps qu'au moment de la marée haute.

Si l'on considère, d'autre part, que le programme en cours d'exécution consiste à obtenir jusqu'à Bordeaux un tirant d'eau de 4 m à marée basse, ce qui à marée haute moyenne donne 8 m environ, on comprend aisément qu'il ne peut être question d'envisager le problème de la grande navigation future jusqu'à Bordeaux même. L'arrivée et le départ des courriers transatlantiques y resteraient malheureusement toujours subordonnés au

niveau de la marée, et le tirant d'eau de ces navires s'y trouverait ainsi limité à ce qu'il est aujourd'hui. C'est donc à l'embouchure de la Gironde qu'il faut se transporter pour faire l'examen des conditions hydrographiques qui nous occupent.

Nous ne nous arrêterons pas à l'étude des facilités que pourraient présenter la rade et les appontements de Pauillac situés à 50 km de l'embouchure. Le tirant d'eau de cette rade ne serait pas suffisant; son appropriation, bien que fort coûteuse, n'a donc pas résolu la question. On peut donc exprimer ici le regret que cette installation, relativement récente, n'ait pas été faite plus en aval.

Le véritable point d'atterrissage est, en effet, Le Verdon, en amont de la pointe de Grave, près de la Chambrette, où l'on pourrait établir, à peu de frais, semble-t-il, les installations indispensables à la grande navigation de l'avenir, avec des fonds de 12 à 13 m sous basses mers (*Pl. 156, fig. 5*).

Loin d'être insurmontable, le seul inconvénient actuel réside dans l'isolement du Verdon et dans la nécessité de remanier entièrement et de compléter la ligne de chemin de fer du Médoc, par la création d'un chemin de fer de ceinture qui la relierait aux lignes du Midi. Des trains transatlantiques à grande vitesse pourraient ainsi y circuler et des relations directes et rapides seraient alors assurées entre Paris et Le Verdon, *via* Bordeaux.

Il serait d'ailleurs contraire aux intérêts français, de chercher à dissimuler plus longtemps les conditions absolument désavantageuses dans lesquelles se trouvent aujourd'hui les passagers transitant par le port de Bordeaux. Aucune amélioration n'y a été accomplie, depuis 25 ou 30 ans, dans l'intérêt des voyageurs qui, soit à l'embarquement, soit au débarquement, sont toujours obligés de perdre de longues heures, souvent une journée entière, dans une attente inutile et fort préjudiciable aux intérêts directs non seulement de Bordeaux, mais du pays tout entier. Cet état d'infériorité est d'autant plus fâcheux qu'il a fait perdre, à notre armement, un monopole de fait qu'il détenait encore, il y a à peine 20 ans; une grande partie du transit supplémentaire vers l'Amérique du Sud s'est trouvée ainsi accaparée à notre détriment par des lignes anglaises, allemandes ou italiennes.

D'autre part, Bordeaux se voit obligé de lutter aujourd'hui contre la concurrence de Lisbonne qui, grâce aux facilités accordées récemment à la grande navigation, est en train de devenir le véritable port de vitesse de l'Europe, pour les lignes sud-

américaines en provenance ou à destination de la Manche et de la mer du Nord (1).

D'après l'examen des cartes, Royan offrirait des conditions non moins favorables au point de vue des fonds pour la création d'un port transatlantique à l'embouchure de la Gironde, mais son abri par certains vents serait moins sûr, et par suite les travaux à y effectuer seraient plus coûteux.

Par contre, sa situation serait plus avantageuse au point de vue de la rapidité des communications, puisque la distance, par voie ferrée, de Royan à Paris, n'est que de 565 km, tandis que la distance du Verdon à Paris, *via* Bordeaux atteint 682 km, ce qui représente une différence d'au moins une heure et demie. D'ailleurs le trajet rapide Royan-Paris se fait déjà dans d'excellentes conditions.

Mais l'accès de ces deux points : Le Verdon et Royan, comme du reste l'accès de toute la Gironde, se trouve commandé par le seuil de la passe Nord, ou barre de la Mauvaise. Ce seuil présente, en effet, une barre sous laquelle il ne reste que environ 9 m d'eau à marée basse, ce qui permettrait l'entrée des navires de 11 m en tout temps, sauf pendant quelques heures aux grandes basses mers de vives eaux, puisque la mer reste aux basses mers de morte eau à 2 m au-dessus de zéro, et seulement 1 m en vive eau ordinaire.

Peut-être serait-il possible d'éviter cet inconvénient au prix de quelques dragages, comme cela s'est fait pour d'autres barres. Mais il faudrait, dans ce cas, baliser d'une manière très précise la route des navires.

Il est bien entendu que ces considérations sur l'opportunité de la création, au Verdon, d'un avant-port en eau profonde, accessible aux très grands transatlantiques d'aujourd'hui et de demain, à toute heure de marée, ne doivent ralentir en rien l'exécution des projets à l'ordre du jour pour améliorer le port de Bordeaux, de manière à lui assurer des conditions meilleures que celles dont il dispose actuellement.

Si l'on remonte maintenant la côte de l'Atlantique jusqu'à La Pallice, pour examiner les conditions nautiques du bassin qui

(1) Création d'un Sud-Express quotidien depuis le 1er janvier 1907, d'où, pour les voyages en Amérique du Sud, économie de 36 heures dans le trajet *via* Lisbonne sur le trajet actuel *via* Bordeaux. Atténuation des mesures douanières et sanitaires qui rendaient autrefois le débarquement pour ainsi dire impossible. Entrée des navires, à toute heure, dans le Tage et octroi de la libre pratique jusqu'à minuit, tandis qu'à Bordeaux elle n'est accordée que jusqu'au coucher du soleil.

porte ce nom, on se rend immédiatement compte de l'insuffisance absolue du port actuel pour les futurs navires de grand tirant d'eau, qui seuls nous occupent ici *(Pl. 156, fig. 6)*.

Mais, en revanche, ce port jouit du privilège de posséder une rade extérieure toujours accessible et bien abritée, avec un mouillage de 12 à 13 m sous zéro. Ces avantages capitaux justifieraient donc le choix que l'on pourrait faire de La Pallice et les améliorations qu'il y aurait lieu d'y apporter. Il faut reconnaître, pour être équitable, que le port de La Pallice est loin de présenter, au point de vue de l'arrière-pays qu'il dessert, des avantages aussi marqués que s'il se trouvait placé au point d'aboutissement d'une grande voie naturelle, comme la Garonne ou la Loire.

Par sa situation à l'extrême embouchure de la Loire, Saint-Nazaire semblerait, à première vue, devoir remplir les conditions d'un port de vitesse pour Nantes et le centre de la France. Ses installations maritimes ont d'ailleurs été récemment l'objet d'améliorations importantes. Malheureusement, il présente l'obstacle très grave de la Barre des Charpentiers. Le seuil de cette barre, qui n'a que 5 m sous zéro, et les seuils qui lui succèdent jusqu'à Saint-Nazaire ne permettraient pas d'y assurer à toute heure l'entrée des navires à grand tirant d'eau. Saint-Nazaire n'en constitue pas moins un très bon port d'avenir, mais seulement un port à marée pour les grands transatlantiques, dans les conditions actuelles.

En résumé, l'examen comparatif de nos grands ports de l'Atlantique nous amène à retenir seulement La Pallice et Le Verdon, comme susceptibles d'être aménagés pour la grande navigation, telle qu'elle semble devoir se développer d'ici une quinzaine d'années. La Pallice offre incontestablement une supériorité sensible au point de vue nautique, puisque sa rade est accessible aux plus grands navires, mais son chenal et toutes les installations actuelles de son bassin seraient à approfondir, ce qui, en terrain rocheux, pourrait présenter quelques difficultés, et être, en tous cas, assez coûteux.

Le Verdon semble, au contraire, à dépenses égales, beaucoup mieux approprié à jouer ce rôle prépondérant sur l'Atlantique. Il est, d'ailleurs, incontestable qu'en devenant notre premier point de grande navigation sur l'Océan, Le Verdon contribuerait à servir les intérêts de Bordeaux, dont il ne pourrait que favoriser puissamment le trafic commercial, et développer le mouvement de transit.

Il nous reste à procéder à l'examen comparatif de nos grands ports du Nord. Au point de vue de la navigation transatlantique, ce choix ne peut se faire qu'entre Brest, Cherbourg, le Havre et Boulogne.

La situation de Brest, à la pointe la plus occidentale de notre territoire, l'indique, à première vue, pour l'atterrissage des grands courriers. C'est, en effet, avec Lisbonne, le port continental le plus rapproché de New-York. Il offre, en outre, une entrée très vaste et bien protégée, d'où l'on peut accéder facilement jusqu'aux fonds de 12 m de la rade abri. Mais ces avantages sont fortement amoindris par l'isolement où se trouve ce port, sans arrière-pays producteur, et sans moyens de communications rapides entre Paris et l'Europe Centrale.

Au point de vue nautique, Cherbourg présente des conditions non moins favorables ; grâce à des fonds de 13 m sous zéro, sa grande rade est accessible, à toute heure, aux navires de toutes dimensions, jusqu'à un tirant d'eau de 14 m. Au surplus, l'accès d'un navire à marche rapide, obligé d'atterrir aussi vite que possible, sera toujours plus facile à Cherbourg qu'à Brest où, de nombreux récifs, des brumes fréquentes, et l'agitation de la mer traversée par des courants assez violents peuvent souvent rendre l'atterrissage plus délicat *(Pl. 157, fig. 9)*.

La situation géographique de Cherbourg est d'ailleurs de tout premier ordre. Il se trouve situé sur la route même des paquebots en provenance ou à destination de la Mer du Nord, qui tous, ou presque tous, y font aujourd'hui escale. Quant à sa distance de Paris, elle n'est que de 370 km, et six heures et demie suffisent pour la franchir. Brest, au contraire, est à 625 km de Paris, ce qui représente un trajet d'au moins dix heures, par les trains actuels les plus rapides.

Malgré tout, ce parcours de 370 km, qu'il faut six heures et demie pour accomplir, est encore bien long, si on le rapproche du trajet Paris-Boulogne, 254 km en trois heures et quart, ou Paris-Le Havre, 228 km en deux heures trois quarts (1).

Cet éloignement relatif de Paris et l'absence d'un hinterland producteur et consommateur sont, en somme, les raisons pour lesquelles Cherbourg ne deviendra vraisemblablement jamais tête de ligne des grandes Compagnies de navigation. Cela ne l'a cependant pas empêché de devenir, par la force même des

(1) Tous ces chiffres sont naturellement relatifs aux trains actuels les plus rapides.

choses, notre plus grand port d'escale pour les lignes étrangères sur l'Amérique qui, dans ces derniers temps, l'ont presque toutes adopté comme « port de vitesse » pour le transit des voyageurs.

Le même examen devient beaucoup plus complexe en ce qui concerne le Havre. Il est presque superflu de rappeler ici les très grands avantages que lui procure sa situation géographique. Placé à l'embouchure de la Seine, c'est-à-dire au débouché d'une magnifique voie de pénétration, et à proximité même de Paris, le cœur de la France, le Havre commande une de nos régions les plus importantes et les plus riches. Il coopère au développement de Rouen, son industrielle et active voisine. Il dessert toute la Seine, et surtout l'agglomération parisienne qui constitue notre plus grand centre de consommation et de production. L'amélioration de la Basse-Seine a déjà considérablement développé Rouen ; la canalisation du fleuve a créé, d'autre part, un moyen de transport des plus économiques au profit de Paris *(Pl. 156, fig. 7)*.

Mais la création au Havre d'un énorme port moderne en ferait forcément l'entrepôt de tout le Nord, de l'Est, et même du Centre de la France. Du même coup lui serait rendu le marché des frets que la concurrence des ports belges, hollandais et allemands lui a aujourd'hui presque entièrement enlevé. Il importe, en effet, de rappeler qu'une grande partie des marchandises françaises, bien que produites ou fabriquées dans la zone du Havre, sont cependant, malgré l'éloignement, drainées jusqu'à Anvers par des conditions de fret plus avantageuses et sont ainsi exportées par cette voie au détriment de nos ports *(Pl. 156, fig. 8)*.

Le Havre est aussi le port d'attache d'une de nos plus grandes lignes de navigation : la Compagnie Générale Transatlantique. Celle-ci, depuis plus de vingt ans, lutte vaillamment contre la redoutable concurrence des lignes étrangères ; elle a su même, à maintes reprises détenir, à notre profit le record de la vitesse et du confort, en ce qui concerne les voyages entre l'Europe et New-York. Il ne faudrait pas, aujourd'hui, qu'elle se trouvât embarrassée ou même paralysée dans son développement normal, par suite d'erreurs ou d'imprévoyances dont la responsabilité ne pourrait remonter qu'au régime sous lequel sont administrés nos ports.

A l'heure actuelle, les différentes compagnies transatlantiques ont à satisfaire au transport d'un nombre de passagers et d'émi-

grants de plus en plus important. Il en résulte une lutte à outrance dans laquelle le port du Havre, malgré tous ses agrandissements successifs, est malheureusement resté trop en arrière Il constitue, en somme, une véritable entrave aux progrès normaux de l'architecture navale, puisque tous les nouveaux types de navires français, en ce moment à l'étude, bien que très inférieurs en dimensions aux autres grands paquebots déjà à flot, tels que le *Lusitania*, ne pourraient ni y entrer ni en sortir à toute heure de marée. Ajoutons, ce qui est plus grave, que ces navires n'y trouveraient pas de cales sèches assez grandes pour y être carénés et se verraient ainsi obligés d'aller jusqu'à Southampton pour cette opération.

Pour remédier à ce fâcheux état de choses, un projet d'agrandissement et de transformation du port du Havre est en ce moment à l'étude. En raison du grand intérêt que présente la question à notre point de vue français, il nous a paru nécessaire d'étudier ici ce projet avec une attention toute spéciale et d'entrer même dans quelques détails et considérations techniques au sujet des travaux qu'il comporte. La situation vraiment exceptionnelle du Havre et l'importance de l'effort qu'il est urgent d'y faire, justifient, d'ailleurs, suffisamment cet examen plus approfondi.

L'avant projet en question prévoit notamment l'établissement d'un port à marée construit entièrement en emprise sur la Seine et complètement distinct, par conséquent, du port actuel, mais dont l'entrée aurait lieu par le même avant-port. Ces installations comporteraient en outre l'emplacement de plusieurs formes de radoub, dont une première, de grandes dimensions, serait construite immédiatement. On y joindrait, sur une longueur de 1000 m, un quai d'accostage pour grands paquebots, ayant à son pied 12 m d'eau sous zéro. Le reste du bassin, les pertuis d'entrée et le chenal d'accès dans l'avant-port seraient creusés seulement à 6 m sous zéro. On voit donc qu'aucune disposition n'est encore arrêtée pour assurer aux grands navires modernes la possibilité d'entrer et de sortir *à toute heure de marée* et de pouvoir ainsi atteindre l'objectif si important des « départs à heure fixe » déjà organisés à New-York et dans certains ports du continent Européen.

L'exécution rapide de ces travaux constituerait déjà, sans aucun doute, une amélioration notable sur le passé. Mais le but de cette étude étant de rechercher si le Havre peut présenter les condi-

tions requises pour donner accès aux plus grands navires modernes avec les dimensions qu'ils atteindront vraisemblablement d'ici une vingtaine d'années, il faut malheureusement reconnaître que le projet actuel est loin d'y satisfaire. S'il était réalisé dès aujourd'hui, il apporterait assurément un concours très précieux à nos services transatlantiques. Mais à l'époque encore lointaine de son achèvement probable, c'est-à-dire dans huit ou dix ans, tout porte à croire que l'on y constatera des lacunes et des insuffisances comparables à celles que M. Charles Roux, l'éminent Président de la Compagnie Générale Transatlantique, et ses services techniques ont déjà dû signaler au sujet des travaux actuellement en voie de parachèvement et qui cependant n'ont pas encore été livrés au service public.

L'écueil auquel on se heurte depuis plus de trente ans au Havre semble résider dans la conception erronée que l'on s'est faite du rôle de notre grand port de la Manche. On a beaucoup trop envisagé, à propos du Havre, les intérêts strictement locaux qu'il est appelé à servir. A ce point de vue, les crédits lui ont toujours été parcimonieusement discutés, par suite du déplaisir que la plupart de nos législateurs ne manquent pas de témoigner chaque fois qu'il s'agit d'affecter des sommes relativement élevées à un intérêt particulier, quand ce n'est pas le leur.

On a oublié de mettre en relief la véritable valeur du Havre au point de vue national. Comme marché de fret, et comme entrepôt de la région du Nord, comme port d'embarquement et de transit des voyageurs, comme point de convergence des grands courants de marchandises, en provenance ou à destination de toutes les parties du monde, et qui transitent actuellement dans la Manche, à proximité, presque en vue de l'estuaire de la Seine, le Havre mérite bien cependant une attention toute particulière. Devant consacrer une partie de cette étude au rôle économique de nos grands ports et aux avantages considérables que le détournement d'une partie du courant des marchandises peut procurer au pays au profit duquel il se produit, nous n'insisterons pas davantage sur ce point pour le moment; qu'il nous suffise de dire ici que, considéré au point de vue national, le programme actuel du port du Havre n'est pas assez vaste, et qu'il ne semble d'ailleurs accepté des principaux intéressés que comme un pis aller, dans des conditions analogues à celles où le fut le précédent projet. On y sent partout la préoccupation de ne pas oser faire grand, ni même projeter un plan d'ensemble

progressivement réalisable, de peur d'effrayer. Si l'on regarde, au contraire, chez nos voisins, soit à Douvres ou à Liverpool, soit à Anvers, soit à Rotterdam ou à Hambourg, on ne rencontre chez eux aucune hésitation à faire des projets énormes qu'ils exécutent ensuite tout d'un coup ou peu à peu, suivant leurs besoins économiques et suivant leurs ressources financières.

Pour répondre au programme que nous envisageons et faire du Havre un grand port « ouvert à toute heure », il faudrait que le chenal d'accès aujourd'hui dragué à 4,50 m ou 5 m sous zéro, fût approfondi *tout de suite* jusqu'à 10 à 12 m sous zéro.

Dans ce cas, l'on est presque fatalement amené à protéger l'entrée de ce chenal et à créer une rade à l'abri de digues construites sur les « hauts de la rade ».

Pour éviter l'inconvénient bien souvent signalé du comblement de la rade par les alluvions de l'estuaire, on devrait, dans ce cas, prévoir des ouvertures peu nombreuses, de manière à assurer le renouvellement des eaux de la rade, exclusivement avec des eaux claires du large. On pourrait ainsi ne faire que trois pertuis dans les jetées de la rade, l'un de petite dimension pour le cabotage près de l'ancienne passe du Sud-Ouest, l'autre de plus grandes dimensions à l'emplacement du grand chenal actuel; enfin, une autre entrée assez large devrait être réservée vers le nord, près de la pointe de la Hève, avec une disposition spéciale pour assurer en même temps la protection de cette pointe, que tout le monde s'accorde à réclamer.

Quant à l'emprise sur la Seine — puisqu'on s'est enfin décidé à la faire — elle devrait, semble-t-il, être effectuée moins timidement, de manière à réserver de suite une surface beaucoup plus large, et être ainsi en mesure de prévoir des installations maritimes mieux appropriées, non seulement aux nécessités d'aujourd'hui, mais encore et plus particulièrement aux évolutions des grands navires de demain. Il est intéressant de comparer, à ce propos, les derniers relevés des services de la navigation de la Seine qui représentent l'état de l'embouchure du fleuve, vers le milieu de 1906, avec les résultats de la dernière reconnaissance faite par les Ingénieurs hydrographes de la Marine en 1904. On constate ainsi que les endiguements de la Seine ont eu pour effet de maintenir, à peu près dans les mêmes conditions de profondeur, la passe principale entre le banc d'Amfard et celui du Ratier ainsi que la passe Sud, entre le banc du Ratier et Villerville, tandis que les atterrissements vers le

nord ont été assez considérables et que le seuil du faux chenal au nord du banc d'Amfard s'est sensiblement relevé.

En partant de ces considérations, dont les effets ne peuvent vraisemblablement que s'accentuer avec le prolongement des endiguements de la Basse-Seine, on en arrive à se convaincre que le faux chenal du nord est à peu près destiné à se combler naturellement, à moins qu'on ne cherche à le maintenir artificiellement. On ne saurait donc plus opposer aucune objection de principe à faire une emprise sur la Seine d'environ 1 500 m au large de la digue Saint-Jean. Il en résulterait que la nouvelle digue du large créerait immédiatement à l'embouchure de la Seine un état des fonds qui, de toute manière, semble devoir s'y réaliser de lui-même dans un avenir relativement prochain.

La seule objection à un pareil projet vient malheureusement de la disposition de l'avant-port actuel (programme 1904), car l'insuffisance de son étendue serait d'autant plus aggravée que la nouvelle emprise serait plus importante. Il ne faudrait cependant pas que les erreurs passées, dues, comme on le sait, à l'extrême modicité des crédits, entraînent à renoncer définitivement à la création d'un grand port transatlantique au Havre.

Les avantages d'une grande rade abritée s'étendant jusqu'aux hauts de la rade satisferaient d'ailleurs un double intérêt : celui de la navigation transatlantique et celui de notre marine de guerre, à condition que cette rade puisse être creusée sur une certaine étendue à 10 ou 12 m sous zéro.

En ce qui concerne le port lui-même à créer en emprise sur la Seine, du moment que cette emprise serait augmentée, il n'y aurait plus alors aucun inconvénient à disposer les quais sous forme de wharfs inclinés et à élargir les terre-pleins. L'accès deviendrait ainsi plus facile, aussi bien pour les navires que pour les voies ferrées, et toutes les manœuvres seraient alors rendues plus économiques et plus rapides.

Un projet établi sur ces bases doterait assurément le Havre d'une installation maritime des plus modernes. Il n'est pas douteux que ses destinées, comme notre grand port sur la Manche, ne soient en rapport avec le grand effort financier qu'il y aurait lieu, dans ce cas, d'envisager dès à présent à son profit.

Il faut, en effet, qu'il puisse offrir, avant dix ans, des facilités au moins égales à celles des plus grands ports du monde et notamment à celles de New-York. Si cet effort considérable ne pouvait pas être accompli sur le Havre, l'on devrait alors le

faire peser sur Cherbourg ou sur Boulogne. La situation géographique de Cherbourg, à l'extrémité d'une longue presqu'île, n'est malheureusement pas comparable à celle du Havre, en ce qui concerne les bénéfices commerciaux qui pourraient en résulter pour le pays tout entier (1).

Quant à Boulogne, à côté d'avantages appréciables que nous devons signaler, il ne saurait non plus satisfaire aux mêmes conditions commerciales. Boulogne est assurément privilégié, si l'on tient compte qu'il n'est qu'à trois heures de Paris, à trois heures de Londres, à cinq heures de Bruxelles, à douze heures de Bâle et qu'il se trouve, de plus, directement placé sur le passage de tous les grands vapeurs qui vont dans la mer du Nord ou qui en viennent. C'est, d'ailleurs, cette situation exceptionnelle qui lui a valu, depuis quelques années, l'escale régulière d'un grand nombre de Compagnies transatlantiques étrangères *(Pl. 157, fig. 10)*.

Pour compléter les installations maritimes du port de Boulogne et réduire encore la durée du passage des voyageurs et des marchandises entre le navire et la voie ferrée, de nouvelles améliorations sont en ce moment à l'étude : on y projette notamment de relier directement le port extérieur avec la Compagnie des Chemins de fer du Nord, au moyen d'un tunnel qui déboucherait vers l'enracinement d'un wharf. Cette disposition permettrait de faire gagner une demi-heure aux passagers qui éviteraient ainsi de traverser la ville. Si plus tard la voie ferrée pouvait être amenée sur la jetée Carnot, jusqu'auprès du mouillage des transatlantiques, à un endroit où l'on pourrait établir un appontement spécial, on imagine sans peine les avantages qui pourraient en résulter pour les voyageurs.

Enfin, la construction d'un ou de plusieurs wharfs et d'une gare maritime dans l'avant-port serait un complément très utile pour améliorer nos relations directes avec l'Angleterre.

Quant au prolongement de la jetée Carnot et à l'approfondissement subséquent du mouillage, ce sont des travaux d'une importance relativement faible, mais qui pourraient cependant améliorer considérablement les conditions actuelles en assurant 12 m d'eau presque à toutes époques.

(1) Il faut mentionner ici la construction prochaine, à Cherbourg, d'un grand bassin de radoub ayant 245 m de longueur, 36 m de largeur à l'entrée et 11 m de profondeur sous mer moyenne.

On ne s'étonnera pas, étant donné l'objet de cette étude, de nous voir passer Dunkerque sous silence. Malgré le développement toujours croissant de son mouvement maritime et commercial, il ne semble pas, en effet, devoir prétendre au rôle particulier de grand port transatlantique pour les paquebots à passagers. Il devra cependant être développé et proportionné au fur et à mesure de l'accroissement dans les dimensions des grands navires de commerce; c'est ainsi, d'ailleurs, que les projets d'agrandissement prévoient déjà un avant-port avec des fonds de 8 m sous zéro. Son développement commercial n'est, en somme, qu'à son début, si l'on pense à ce qu'il pourrait devenir une fois relié à tout le système des canaux et voies navigables de la France, de la Belgique et de l'Allemagne (*Pl. 157, fig. 11*).

Pour conclure, il résulte de cette étude de nos côtes et de l'examen de nos principaux ports, que plusieurs conséquences se dégagent très nettement.

Sur la Méditerranée, c'est sur Marseille que doivent se concentrer nos efforts, afin d'en faire un port à grand tirant d'eau, capable de rendre au commerce national tous les services qu'on est en droit d'attendre de sa situation exceptionnelle. Mais il importe aussi de préparer son port au rôle beaucoup plus considérable qu'il est appelé à jouer le jour où, définitivement relié avec le Rhône et plus tard par un canal latéral avec Lyon et la Saône, il sera enfin devenu le débouché nécessaire de toute la vallée du Rhône et même de l'Allemagne Centrale.

Du côté de l'Atlantique, Le Verdon semble absolument indiqué pour devenir l'avant-port de vitesse de Bordeaux, mais il faudrait naturellement pour cela le doter d'un outillage approprié et le relier directement à Bordeaux et Paris par des trains plus rapides.

Sur la Manche, il est évident que nos deux seuls ports de vitesse sont Cherbourg et Boulogne. Ils offrent l'un et l'autre un atterrissage facile aux plus grands navires, à toute heure de marée, d'où leur grande supériorité. Il est, d'ailleurs, curieux d'en arriver, après plus d'un siècle d'intervalle, aux mêmes conclusions que Dumouriez, qui, chargé en 1777 d'étudier la défense de nos côtes de la Manche, s'arrêtait finalement au choix de l'un de ces deux ports. Comme, en outre, leurs conditions nautiques sont susceptibles d'être encore améliorées, on est ainsi assuré d'avoir toujours de ce côté toute satisfaction, même en

tenant compte, dans une large mesure, des progrès de l'architecture navale.

Quant au Havre, sa position le désigne pour un rôle beaucoup plus considérable. Il ne doit pas seulement prétendre à être un port de transit pour les passagers d'Amérique. Il faut surtout en faire notre grand entrepôt commercial pour tout le bassin de Paris. A ce titre, le concours de toutes les régions directement intéressées à son développement ne doit à aucun prix lui faire défaut. Il semble donc y avoir urgence à adopter, sans retard et surtout sans parcimonie, un vaste programme répondant pleinement à toutes les nécessités présentes et futures, *pour qu'à l'achèvement des premières améliorations, c'est-à-dire dans huit ou dix ans, le Havre soit enfin pourvu, pour une période au moins égale, de tous les avantages dont on aura voulu le doter.*

Cette étude ayant surtout pour but de rechercher les conditions que devraient présenter nos grands ports transatlantiques, on a été naturellement conduit à envisager les points qui, par leur situation hydrographique, permettront de réaliser ces « desiderata » dans les conditions les plus économiques. Mais il ne faudrait pas en conclure que les progrès à réaliser dans nos ports intérieurs ne devront pas être poursuivis en même temps.

Ces derniers seront, en effet, toujours les plus économiques, puisqu'ils permettent de pénétrer au cœur même du pays. Ils restent donc les plus avantageux, pour tous les transports de matières lourdes, encombrantes et de peu de valeur, aussi bien à l'importation qu'à l'exportation.

Rouen, Nantes, Bordeaux ont donc tout à gagner dans la création d'avant-ports profonds au Havre, à Saint-Nazaire, à l'embouchure de la Gironde, mais l'on doit aussi améliorer et approfondir de plus en plus leurs voies d'accès à la mer et compléter leurs installations maritimes.

Enfin, pour être dans une situation économique tout à fait favorable, tous ces ports extérieurs et intérieurs devraient être mieux reliés qu'ils ne le sont à l'intérieur du pays par un réseau de voies navigables vraiment approprié à nos besoins commerciaux ainsi qu'à ceux du transit international.

On doit reconnaître, il est vrai, que l'effort financier auquel un pareil programme d'ensemble devra nécessairement correspondre sera forcément très lourd puisqu'il atteindra un milliard au minimum, peut-être un milliard et demi à répartir par moitié entre les principaux ports et les grandes voies de navigation

intérieure, peut-être même davantage pour les voies navigables. Ce programme peut, d'ailleurs, être comparé à l'effort tenté, il y a une cinquantaine d'années, lorsqu'il s'est agi de la création de notre réseau de voies ferrées. Mais, par contre, il aura l'immense avantage de développer notre mouvement maritime et commercial au profit du pays tout entier et de nous mettre enfin dans une situation privilégiée vis-à-vis de ceux de nos voisins dont les ports débouchent dans la mer du Nord. Ce serait une belle revanche commerciale à laquelle, ainsi que nous venons de le voir, nous pouvons et par conséquent nous devons nous consacrer entièrement.

Chapitre IV

Quel paraît être le moyen pratique de réaliser ce programme en tenant compte des nécessités urgentes de notre situation économique, en même temps que des ressources limitées dont semblent actuellement disposer nos budgets ?

Il nous reste maintenant à examiner sous quelle forme on pourrait accomplir cet effort financier de la mise au point de notre grand outillage national comprenant les grands ports, leurs voies d'accès à la mer et le réseau des voies de navigation intérieures. Dans cet ordre d'idées, il faut naturellement prévoir dès à présent tout l'outillage indispensable pour un avenir de quinze à vingt ans, ce qui n'a rien d'exagéré si l'on veut tenir compte des délais de construction et profiter des ouvrages pendant une certaine période.

Étant donnée l'urgence des transformations à accomplir, on peut admettre que les deux tiers des dépenses envisagées, soit un milliard environ, devraient être engagés dans l'espace de dix ans. Ces chiffres qui, à première vue, peuvent paraître très considérables n'effraient cependant pas nos voisins, tels que l'Angleterre, l'Allemagne et la Belgique et même des pays plus neufs comme le Brésil et la République Argentine, qui tous ont, en ce moment, en exécution ou en préparation, d'aussi vastes programmes.

Réaliser pratiquement un programme si chargé, dans les con-

ditions actuelles de nos budgets où les crédits affectés aux grands travaux ci-dessus visés ne figurent que pour une somme de 25 millions environ, semble tout à fait impossible.

Quand on envisage, en outre, les charges annuelles de l'État, le service de la Dette, la Défense nationale, l'Instruction publique et tous les grands services d'intérêt général ; quand on y ajoute les dépenses non moins lourdes de la « Prévoyance Sociale », qui menacent de grever encore davantage les budgets de demain. on se rend parfaitement compte qu'il n'y a plus de place pour des dépenses aussi considérables de travaux publics.

Et cependant, si l'on y réfléchit bien, quels avantages directs et indirects l'État ne retirerait-il pas des sacrifices ainsi consentis à l'amélioration de l'outillage national ? Cette transformation n'aurait-elle pas très vite pour conséquence un développement plus intensif de la vie commerciale et industrielle de notre pays ? D'où naturellement une plus grande richesse, des échanges plus nombreux et, par suite, une élévation plus considérable des recettes fiscales et douanières. Une autre source non moins importante de prospérité pour le pays ne proviendrait-elle pas aussi du grand transit des marchandises et des voyageurs, que des facilités nouvelles attireraient certainement chez nous ?

En présence de tels avantages en perspective, il ne semble pas que l'on puisse recourir à une autre formule qu'à celle de la « garantie d'intérêt ».

Il est d'ailleurs très probable qu'avec les recettes actuelles et futures afférentes aux ports ou aux voies navigables cette garantie d'intérêt ne fonctionnerait que dans une faible mesure et sans jamais dépasser les charges actuelles du budget des Travaux Publics. Il serait, du reste, facile de proportionner toujours les programmes de travaux aux engagements que l'État serait disposé à assumer pour leur garantie.

Cette forme financière nous paraît en l'espèce la seule applicable, si l'on ne veut pas recourir au système de la concession de certains ports ou canaux à des Sociétés. Il ne faut, d'ailleurs, pas oublier que, dans cette dernière hypothèse, l'effort financier, qu'il faut encourager actuellement, ne pourrait également être assuré sans une garantie d'intérêt ; mais, en compensation, ces Sociétés ne pourraient-elles pas abandonner à l'État la moitié de leurs bénéfices éventuels ?

Une fois le principe de la garantie d'intérêt admis ou, si l'on veut, de la transformation en annuités des sommes votées tous

les ans pour nos ports et canaux, il reste à s'assurer que l'épargne française est bien en mesure de coopérer à la réalisation d'un programme économique de cette nature.

Il suffit à ce sujet de rappeler que la France a prêté durant ces dix dernières années, bon an mal an, environ 2 milliards et demi par an à l'étranger. *Si l'on réfléchit alors que l'effort demandé correspondrait à un prélèvement annuel au profit de nos intérêts nationaux de 5 0/0 seulement de ces sommes durant douze ans environ*, on se rend vite compte que l'hésitation n'est pas permise.

Comme il ne peut pas être question, pour la France, dans l'état de lutte économique actuelle, d'abandonner la partie, et que, d'autre part, nul pays ne dispose de plus de richesses que le nôtre, il ne nous reste qu'à rechercher, à présent, le moyen pratique de réformer l'administration de nos ports.

CHAPITRE V

Nouveau régime de nos ports.

Il semble superflu d'entrer ici dans le détail des critiques qui ont été faites de divers côtés sur les inconvénients du régime actuel de nos ports.

Dès 1888, M. Le Cour Grandmaison s'était occupé de cette question et avait déposé une proposition de loi tendant à modifier ce régime.

Depuis quelques années, en raison des transformations considérables qui se sont produites dans la navigation et, il faut bien le dire, en raison surtout des efforts importants qu'ont faits tous nos rivaux pour favoriser leur commerce maritime, l'idée a fait son chemin. Tout le monde semble à présent convaincu non seulement de l'insuffisance de notre organisation, mais encore de l'impossibilité où nous nous trouvons, dans les conditions actuelles, de pouvoir fournir un effort suffisant pour regagner le terrain perdu.

D'ailleurs, il ne s'agit plus aujourd'hui de chercher seulement à égaler nos voisins. Notre véritable but, plus difficile à atteindre, doit, en effet, consister à nous assurer un outillage approprié à toutes les exigences d'un avenir de quinze à vingt ans.

A plusieurs reprises, le Congrès National des Travaux Publics Français a signalé l'opportunité et l'urgence d'une pareille réforme, et cela d'une façon encore plus formelle dans sa session d'octobre dernier, qui s'est tenue, à Bordeaux, sous la présidence de M. Charles Prevet, sénateur, et à laquelle M. Millerand, ancien Ministre du Commerce, avait bien voulu apporter le concours de sa haute autorité.

De leur côté, nos grandes Compagnies de navigation, par l'organe de MM. Charles Roux et André Lebon, ont dû, les unes et les autres, attirer plus particulièrement l'attention des Pouvoirs Publics sur les énormes difficultés qu'elles rencontrent et même sur les pertes qu'elles subissent du fait de l'insuffisance de nos grands ports. M. de Rousiers, secrétaire général du Comité des Armateurs de France, s'est fait alors, en maintes circonstances, l'interprète de tout l'armement français pour réclamer la transformation du régime actuel. Divers économistes ont également étudié la question à un point de vue plus théorique, pour rechercher le moyen d'accorder la personnalité civile aux grandes œuvres d'utilité publique en se plaçant plus particulièrement au point de vue de l'autonomie des ports.

Enfin, la Ligue Maritime et la Fédération des Industriels et des Commerçants Français viennent de discuter très sérieusement ce problème avec le concours de tous les intéressés et des représentants des Chambres de commerce maritimes pour aboutir, elles aussi, à des vœux de transformation.

Toutes ces manifestations d'ordre très divers semblent dès à présent devoir sortir du domaine de la discussion purement théorique où elles s'étaient tenues jusqu'à ces dernières années. Les différents groupements de commerçants, d'armateurs et d'industriels, et en particulier la Ligue Maritime, paraissent, en effet, décidés à y consacrer toute leur activité. D'ailleurs, un projet de loi sur « l'Autonomie des ports de commerce » a été déposé par M. Jules Siegfried, le 7 mai dernier 1907.

De son côté, le Gouvernement lui-même semble se rendre compte des nécessités urgentes sur lesquelles repose ce mouvement d'opinion, puisqu'il a chargé dernièrement M. Bourgougnon, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du port de Marseille, d'aller étudier sur place l'organisation du Consorzio de Gênes, « en vue de la réforme du régime administratif des ports français ».

L'ensemble de ces travaux résume, en somme, toute la ques-

tion tant au point de vue des critiques que l'on peut opposer à l'état de choses actuel qu'en ce qui concerne les desidérata qu'on s'accorde à formuler.

Il en ressort que les inconvénients dont nous souffrons peuvent se ramener aux principaux chefs suivants :

1° Dispersion des efforts sur un trop grand nombre de ports;

2° Manque d'un programme prévoyant le développement de chaque port pour un avenir de quinze à vingt ans au moins;

3° Lenteur dans la fixation et dans l'exécution du programme de travaux, par suite de l'insuffisance des crédits;

4° Coût trop élevé des travaux en raison même du manque d'un programme d'ensemble;

5° Défaut d'un réseau de voies de navigation intérieur assez développé et permettant de desservir les ports d'une manière vraiment économique;

6° Absence d'une autorité unique réunissant toutes les initiatives et les responsabilités, seule capable, en effet, de sauvegarder tous les intérêts en jeu et de favoriser le développement non seulement d'une localité, mais de toute une région.

(Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que cinq Ministères interviennent dans l'administration de nos ports).

Les critiques générales une fois formulées, et avant de chercher le remède qu'il y aurait lieu d'appliquer, on est naturellement conduit à faire un examen sérieux des divers régimes sous lesquels sont administrés les grands ports à l'étranger.

Cette étude se trouve faite d'une manière fort remarquable dans le rapport de mission de M. Bourgougnon, publié au *Journal Officiel*, du 17 décembre dernier.

Rappelons ici, d'une façon sommaire, les différents régimes que l'on peut envisager.

Certains ports appartiennent à des Sociétés privées qui les ont construits de toutes pièces avec leurs propres ressources. C'est un régime très en faveur en Angleterre, où il s'est implanté il y a fort longtemps, en raison même du grand développement commercial du pays, à une époque où le Gouvernement ne pouvait assumer la très lourde tâche de satisfaire lui-même à ces exigences. C'est, en somme, le résultat d'initiatives privées qu'il est très à propos de développer dans un pays où l'État ne peut s'intéresser personnellement à toutes les installations de ce genre.

Il est pratiqué également dans beaucoup de pays neufs, aux

États-Unis, par exemple, et dans l'Amérique du Sud, où nombre de Compagnies de Chemins de fer ont construit leurs propres installations maritimes. Il ne semble cependant pas que l'on puisse l'imposer d'une manière intégrale à des habitudes anciennes, comme c'est le cas chez nous.

D'autres ports sont concédés à des Sociétés privées et nous n'avons pas besoin d'aller à l'étranger pour en trouver des exemples. C'est, en effet, le cas des ports de Tunisie, des appontements de Pauillac, des Docks et Entrepôts de Marseille et de plusieurs autres installations maritimes.

Ces concessions sont, du reste, assez répandues en dehors de chez nous, et c'est le cas notamment de beaucoup de ports étrangers en Angleterre, sur la Méditerranée, en Afrique et dans l'Amérique du Sud.

Bien que ce régime ne semble pas être en faveur chez nous, pour le moment, il n'en présente pas moins de grands avantages pour un Gouvernement qui ne désire pas prendre la responsabilité financière de la mise au point d'installations maritimes souvent très coûteuses; il en est de même dans le cas où certaines installations sont surtout destinées à la mise en valeur d'une région neuve; on peut enfin en dire autant chaque fois qu'il s'agit de l'exploitation d'industries spéciales au profit desquelles les Pouvoirs Publics ne voudraient pas consentir des dépenses particulières. Des concessions totales ou partielles d'un port faites dans ces conditions peuvent donc être très profitables aux intérêts généraux du pays.

On trouve aussi à l'étranger des ports qui dépendent de municipalités, comme Anvers, Rotterdam, Amsterdam; d'autres dépendent des provinces. Bien que leur organisation ne puisse être reproduite entièrement chez nous, elle n'en présente pas moins de très sérieux avantages sous le rapport de l'unité de vue des services, grâce aux Commissions locales qui les administrent.

Enfin, certains ports sont confiés à des corporations comme à Liverpool, Glasgow, et partiellement à Londres. Ils vivent à la faveur d'une loi spéciale pour chacun d'eux. Mais on leur reproche généralement chez nous un régime trop indépendant et trop contraire à nos habitudes de centralisation. Nous croyons cependant qu'à certains points de vue, et notamment pour l'adoption des grands projets de travaux, nous aurions intérêt à nous en rapprocher en faisant voter par le Parlement, pour chacun de nos ports, de vastes programmes d'ensemble, comportant toutes

les améliorations nécessaires pour une période de quinze ou vingt ans, comme cela se pratique en Angleterre, de manière à supprimer les recours continuels au pouvoir législatif pour l'approbation des projets et l'obtention des ressources indispensables.

Il existe encore d'autres modes d'administration des ports, telles les Juntes des grands ports espagnols qui, bien qu'ayant un rôle plutôt financier, ont permis cependant de réaliser des progrès très appréciables notamment à Barcelonne et à Bilbao.

A Copenhague, au contraire, on peut constater que le port est soumis à des régimes très variés : son administration possède une partie seulement des quais, d'autres quais appartiennent à l'État ou à la Ville; enfin le complément, c'est-à-dire près de la moitié, à la Compagnie du port franc et à des particuliers.

Il existe, enfin, des systèmes mixtes qui répartissent les attributions du port entre l'État et les particuliers ou Sociétés intéressées. C'est ce qui se passe généralement aux États-Unis et particulièrement à New-York. Là, en effet, l'État conserve à sa charge l'exécution des grands ouvrages tels que création, amélioration et entretien des voies d'accès, abris extérieurs, etc., le service des phares, le balisage et le pilotage. Tous les intéressés : Compagnies de Chemins de fer, Compagnies de navigation, industriels, etc., y exécutent, au contraire, leurs propres installations à leurs risques et périls, et sous la seule réserve de se conformer à certaines réglementations générales.

Enfin, en Italie, le Gouvernement s'est occupé depuis une dizaine d'années, de réorganiser l'administration de ses ports; il a d'abord créé, dans cet ordre d'idées, des Commissions permanentes qui n'ont d'ailleurs qu'un mandat purement consultatif.

Elles comprennent généralement sous la présidence du Préfet de la province, l'Ingénieur en Chef du port, le capitaine du port, le Directeur des Douanes, un représentant de la Municipalité, un représentant de la Chambre de commerce, un représentant de l'Inspection des Chemins de fer, et un représentant de la Compagnie de chemin du fer qui dessert le port.

Une de ces Commissions fonctionne encore à Venise, où elle a réalisé, paraît-il, quelques améliorations qui ne semblent cependant pas suffisantes, puisque l'on y réclame en ce moment l'octroi du même régime qu'à Gênes.

La loi du 12 février 1903, qui a créé le Consorzio de Gênes, définit notamment le rôle de ce Consorzio ou Commission admi-

nistrative du port, qui se trouve chargée de l'exécution des ouvrages, de la gestion et de la coordination de tous les services.

Cette Commission, composée de vingt-sept membres, est naturellement trop nombreuse pour agir efficacement; ce n'est, en somme, qu'un Conseil consultatif, dont les pouvoirs sont délégués à un Comité exécutif de onze membres, qui se réunit tous les dix jours.

Sans entrer dans tous les détails de ce régime, qu'il nous suffise de rappeler que M. Bourgougnon, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, a terminé son rapport sur cette question, en déclarant que la « réforme du régime administratif de nos ports pourrait, non pas être calquée sur l'organisation du Consorzio de Gênes, mais s'en inspirer sur bien des points, pour ce qui concerne notamment le rouage directeur (Comité exécutif) et ses attributions essentielles, les ressources mises à la disposition des ports autonomes et la composition du personnel ».

Nous pouvons enfin ajouter, pour terminer cette longue énumération, que l'autonomie du port de Lisbonne vient d'être tout récemment organisée sur des bases analogues à celles du port de Gênes.

L'étude comparative de ces différentes organisations a conduit certaines personnes à préconiser chez nous la création de syndicats pour l'exploitation des ports. Telle est l'idée essentielle du projet de loi de M. Siegfried, dont l'exposé des motifs est, d'ailleurs, rédigé de main de maître. Ce projet de loi détermine la composition de ces syndicats, dans lesquels entreraient des membres de la Chambre de commerce locale, des représentants des armateurs, de la municipalité, du département et des grandes Compagnies de Chemins de fer exploitant les réseaux en relations directes ou indirectes avec le port intéressé, et, au besoin, d'autres membres désignés en raison de leurs fonctions et de leur compétence spéciale. Ajoutons que, dans l'esprit de M. Siegfried, la majorité devrait toujours appartenir, en fin de compte, aux représentants de la Chambre de Commerce.

Le syndicat autonome du port, tel que le comporte cette proposition, est un établissement public, jouissant de la personnalité civile; il organise l'exploitation du port et délibère les projets de travaux, qu'il a même le droit d'exécuter sans autorisation, s'ils comportent une dépense inférieure à 500 000 f. Les recettes de son budget sont constituées principalement par le produit des droits de navigation, de péage, de statistique, et

extraordinairement par les produits des emprunts. Le syndicat est, d'ailleurs, soumis au contrôle de l'État, qui le fait inspecter par ses fonctionnaires compétents, et peut annuler les délibérations contraires aux lois, règlements et statuts du syndicat.

En résumé, ce projet ne comporte pas la remise pure et simple de l'administration de certains de nos ports aux Chambres de Commerce, comme on l'avait parfois supposé. Celles-ci ne semblent d'ailleurs pas susceptibles de jouer un tel rôle, en raison des attributions essentiellement consultatives pour lesquelles notre législation les a prévues. Une Chambre de Commerce n'est, en somme, qu'une représentation purement locale, à laquelle selon l'expression même de M. Bourgougnon, « il semblerait irrationnel de confier exclusivement un organisme d'intérêt national ».

L'autonomie dont on a parlé pour nos grands ports ne saurait non plus être considérée comme un régime d'indépendance absolue.

Partant de l'ensemble de ces considérations, il nous a paru tout d'abord intéressant de faire observer que l'autonomie dont on s'occupe pour nos grands ports ne devrait pas, semble-t-il, être considérée comme une autonomie absolue, sous forme séparative, et qu'il serait même dangereux d'abuser de ce mot si, par suite d'une fausse interprétation, il devait conduire à une restriction des facultés libérales du nouveau régime et, par suite, à une atténuation des avantages qui en sont attendus.

Ceci posé, tout le monde admet aujourd'hui que le nouveau régime doit, avant tout, s'appuyer sur un concours effectif du Commerce, de l'Industrie et de l'Armement non seulement de la localité d'un port, mais bien de la région entière qui se trouve directement liée à son développement.

D'autre part, il n'apparait pas que cette autonomie puisse être réalisée, en raison du grand effort envisagé, sans le concours financier de l'État, principal intéressé à l'augmentation des perceptions douanières et à la prospérité générale du pays, qui seront la conséquence naturelle d'une amélioration de nos grands ports.

Enfin, cette autonomie doit être accomplie logiquement sous le contrôle et avec la collaboration des Pouvoirs Publics et de ses représentants.

Il ne semble pas non plus qu'une loi d'autonomie puisse être autre chose qu'une loi générale de principe, fixant les bases du

nouveau régime dont pourront bénéficier les groupements d'intéressés qui en feront la demande au Gouvernement. Chaque décret d'autorisation devrait alors être adapté aux nécessités spéciales et aux conditions particulières des requérants.

Pour satisfaire à ces desiderata d'ordre divers, l'on en arrive presque naturellement, pour chacun de nos grands ports à la constitution d'un Consortium ou Commission administrative, appelé syndicat par d'autres, et dont la composition pourrait réunir les éléments suivants :

Trois délégués de la Chambre de commerce locale, dont ferait partie de droit le Président de cette Chambre;

Un ou deux délégués des Chambres de commerce des grands centres maritimes, industriels ou commerçants, directement intéressés au développement du port en question (par exemple, Rouen et Paris pour le Havre , Lyon pour Marseille);

Un délégué de la municipalité;

Un délégué pour l'ensemble des Conseils généraux de la région intéressée;

Un représentant des armateurs et des grandes Compagnies de navigation françaises, dont les navires fréquentent régulièrement le port en question;

Un représentant des Compagnies de Chemins de fer de la région;

Un représentant de l'Administration des voies de navigation intérieure de la région ou du service des voies d'accès au port;

Un représentant du Ministère des Travaux publics, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées;

Un représentant du Ministère des finances;

Le Directeur des Douanes de l'endroit;

Le capitaine du port;

Deux personnes d'une compétence reconnue soit en matière de commerce maritime, soit en matière de construction ou d'exploitation de ports, soit en matière de navigation ou de constructions navales, et dont le choix pourrait être réservé à la Chambre de commerce locale.

Le Consortium ou Commission administrative, comprendrait ainsi en totalité quinze à seize membres.

Il constituerait, dans une certaine mesure, l'équivalent du Conseil d'administration d'une Société et il devrait se réunir au moins une fois par mois.

Pour la direction effective, il semble que l'on devrait alors

créer un Comité exécutif de trois personnes, composé du Président du Consortium, du Directeur de l'Exploitation et de l'Ingénieur directeur des travaux, qui respectivement se répartiraient les charges d'administration générale, du service d'exploitation et du service de la construction et de l'entretien.

Suivant l'importance relative de chacun de ces services, et une fois chaque port mis en état de travailler normalement, les fonctions du Directeur de l'Exploitation et celles de l'Ingénieur-Directeur des travaux pourraient quelquefois être confiées à une seule et même personne.

Les situations du Président et des deux Directeurs demanderaient nécessairement des connaissances administratives et techniques étendues, un grand sens pratique et commercial, et un travail considérable joint à beaucoup d'énergie et de responsabilité. Elles devraient donc être largement rémunérées, de manière à permettre le maintien, dans chaque port, d'un personnel d'élite, et aussi de manière à y créer des postes dignes en tout point des personnes qui, par leur expérience, seraient appelées à en assumer la charge.

Les trois chefs de service, dont le Président serait assimilable à un directeur d'une Compagnie de chemin de fer, auraient, en somme, la responsabilité de l'organisation et du fonctionnement des services rentrant dans leurs attributions, tout en se conformant aux indications et dispositions générales arrêtées par la Commission du port.

Ces situations, dont nous trouvons pour ainsi dire partout des analogies dans la grande industrie et dans les chemins de fer, se rencontrent déjà dans plusieurs organisations de grands ports à l'étranger, où elles ont presque toujours permis la mise en valeur de personnalités de premier ordre.

Cette organisation aurait d'ailleurs le grand avantage d'attacher à chaque port des hommes d'une compétence spéciale qui trouveraient là des situations avantageuses et durables, en compensation des services qu'on serait en droit d'attendre d'eux. On trouverait, croyons-nous, dans cette mesure un élément de succès non moins grand pour la prospérité du port et de la région.

Afin d'obvier aux nombreux inconvénients du formalisme administratif qui engendre souvent de si fâcheux retards dans les décisions, il serait indispensable d'établir, en outre, un point de contact et une liaison directe entre la Commission adminis-

trative du port et le Ministre des Travaux Publics, au moyen de l'institution d'un Comité spécial des ports, qui, siégeant à Paris, centraliserait toutes les questions inhérentes à ces services et en faciliterait la prompte solution.

L'organisme du port ainsi défini, il reste à envisager de quelle manière les grands travaux pourraient être exécutés et au moyen de quelles ressources. A ce sujet, il semble que l'on aurait tout avantage à ne s'adresser au Parlement qu'à de rares intervalles et seulement pour obtenir l'approbation des grands projets d'ensemble. Il serait donc utile que chaque port, en même temps qu'il demanderait le bénéfice de la loi d'autonomie, soumît un projet d'ensemble de ses améliorations pour une période de quinze à vingt ans, et ne fût, en somme, obligé de revenir devant le Parlement qu'après l'exécution de ces projets, quand il aurait de nouveau besoin de les compléter.

Le vote de ces travaux n'engagerait en réalité les pouvoirs publics que pour une garantie d'intérêt nettement limitée; celle-ci n'aurait d'ailleurs à fonctionner généralement que dans la période du début, et, dans une mesure forcément restreinte, puisque le port disposerait au profit de ses emprunts, de tous les excédents de recettes de l'exploitation.

Dans le cas où les ressources du port dépasseraient ses charges et permettraient ainsi d'engager de nouvelles dépenses sans avoirs recours à la garantie d'intérêt, il semble qu'alors les projets devraient pouvoir être soumis directement à l'approbation du Ministre des Travaux publics, sans passer par le Parlement, puisqu'ils ne comporteraient pas de nouveaux engagement de la part de l'État.

On pourrait tout au plus reprocher à ce programme, que l'État devrait pouvoir récupérer à un moment donné, les avances qu'il aurait consenties sous forme de garantie d'intérêt.

Mais, étant donné que ces charges ne dépasseraient vraisemblablement pas celles figurant actuellement chaque année au budget sous forme de dépenses directes, et que, d'autre part, l'État bénéficierait certainement d'un sensible accroissement dans ses recettes douanières et fiscales, il est peu probable qu'il songerait alors à entraver ce développement.

Enfin, nous devons ajouter que si nous nous sommes étendu davantage sur la forme d'autonomie, c'est pour étudier la manière de la rendre aussi pratique que possible, dans le cas où les pouvoirs publics devraient la faire aboutir prochainement.

Mais, bien que ce système semble actuellement plus à l'ordre du jour, en France, nous ne croyons pas que l'on doive l'appliquer d'une manière exclusive.

Le régime d'exploitation des ports sous forme de concession à des Compagnies privées, avec ou sans garantie d'intérêt et partage de bénéfice avec l'État, semble aussi présenter de son côté de très grands avantages pour la mise en valeur d'un port et de sa région. Ce régime met à profit l'initiative privée et, à ce titre, il mérite, croyons-nous, de retenir l'attention des pouvoirs publics pour être appliqué, sinon complètement du moins partiellement, dans les cas où l'État ne serait pas disposé à intervenir personnellement.

Il est aussi une autre forme d'initiative que l'on devrait, à notre avis, favoriser davantage chez nous en simplifiant les formalités qui l'accompagnent : c'est celle des installations maritimes, indispensables à certaines industries, puisque leur développement intéresse le pays tout entier.

Étant donné l'état d'infériorité où nous nous trouvons vis-à-vis des grandes puissances maritimes rivales, il était indispensable de bien montrer que notre organisation actuelle n'est plus en rapport avec nos besoins économiques.

Tous nos rivaux s'outillent en prévision d'un nouvel accroissement dans l'architecture navale, nous ne pouvons donc rester seuls inactifs dans ce mouvement de progrès, sous peine de perdre la situation que nous tenons encore actuellement dans le commerce mondial.

On comprend suffisamment qu'il soit très difficile aux administrations actuelles de nos ports de soulever de pareilles questions, qui risquent d'indisposer les pouvoirs publics pour l'octroi des crédits dont elles ont immédiatement besoin. D'autres personnes, au contraire, ne peuvent pas, en raison de leur situation officielle, faire part de ce qu'elles savent.

Il appartenait donc à l'initiative privée, aux représentants du commerce, de l'industrie et de l'armement de faire ressortir les avantages d'une réorganisation du régime actuel de nos ports, en plaçant à leur tête « un cerveau moteur » avec l'initiative et la responsabilité. C'est cette tâche qu'ont plus particulièrement entreprise la Ligue maritime, la Fédération des Industriels et des Commerçants, le dernier Congrès National des Travaux Publics.

LES FIACRES AUTOMOBILES
A PARIS

PAR

M. L. PÉRISSÉ

La circulation parisienne a pris depuis quelques années une intensité considérable; le développement des fiacres automobiles, d'autre part, a été d'autant plus rapide que les constructeurs ont trouvé là un débouché intéressant pour les grandes usines qu'ils avaient construites. Il était donc intéressant de montrer que ce développement était une conséquence forcée de l'augmentation de la circulation.

L'étude que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à la Société des Ingénieurs Civils comprendra trois parties.

Dans la première j'essaierai de faire ressortir, au moyen de documents statistiques, le développement progressif de la circulation dans Paris. Dans la deuxième partie je montrerai, d'après les chiffres officiels, l'essor du fiacre automobile dans ces derniers mois en donnant les principales indications relatives au côté économique de la question.

Dans la troisième partie enfin, entrant plus directement dans la question technique, j'indiquerai les conditions mécaniques d'établissement d'un fiacre automobile en vue d'obtenir de ce véhicule le meilleur rendement économique possible.

PREMIÈRE PARTIE

Éléments statistiques de la circulation parisienne.

Historique. — Par lettres patentes du 22 octobre 1617, le roi Louis XIII donnait le privilège de la première exploitation de « chaises à bras » et, le 5 mai 1650, son successeur accordait au sieur Villerme l'autorisation de créer des « grandes et petites

carioles de louage, litières et brancards pour desservir Paris et ses environs ».

C'est à propos d'une nouvelle concession donnée en 1657 au sieur de Givry pour la création de carrosses de louage que nous trouvons mentionnées pour la première fois les « places » de voitures, c'est-à-dire les lieux de stationnement indiqués d'avance au public.

Le mot « fiacre » apparait en 1717 et était alors le surnom donné aux cochers des carrosses de louage ; peu de temps après, on appliquait au véhicule le surnom de l'automédon.

A ce moment, les prix n'étaient pas fixés d'avance, mais, dans les livres du temps on retrouve qu'en 1664 les fiacres étaient, en général, loués à raison de 12 à 15 livres par jour et que le pourboire au cocher devait être de 24 sols.

C'est en 1787 qu'intervint pour la première fois la réglementation des prix et la détermination des heures entre lesquelles ces prix sont applicables.

On peut donc dire que c'est à cette date qu'est né le fiacre parisien.

Une curieuse statistique qui date du 1er janvier 1819 montre que 2076 voitures publiques avaient roulé pendant l'année 1818 ; les fiacres étaient au nombre de 818 ; les cabriolets, dont le nombre était plus considérable, se divisaient suivant qu'ils étaient destinés au service intérieur de la ville ou au service extérieur ; la moyenne, c'est-à-dire la somme brute rendue moyennement par les cochers à leur maître, était approximativement de 12 francs pour les fiacres et 9 francs pour les cabriolets, ce qui donnerait 8 heures de courses pour les premiers et 6 à 7 heures pour les seconds avec tarifs de 2 francs, 1 fr. 50 c. et 1 fr. 25 c. l'heure, suivant les voitures.

Au surplus, à cette date, le nombre de cabriolets de l'extérieur a diminué assez sensiblement en raison de l'établissement de nouvelles voitures publiques partant à heures fixes pour les environs de Paris, présentent un nombre de places au moins double ou triple de celles offertes par les voitures particulières. La voiture de Montreuil en a été l'un des derniers vestiges.

A côté des 2000 voitures publiques, se trouvaient 106 voitures de messageries à destinations fixes pour Paris, que l'on a appelées plus tard « omnibus » au moment de la fusion de 1855, et dans ce chiffre n'étaient pas comprises celles des environs de Paris dont nous venons de parler.

Enfin les carrosses et les cabriolets de remise étaient au nombre de 877 ; l'on trouvait, en outre, 4804 cabriolets particuliers enregistrés et numérotés en vertu de l'ordonnance du 28 septembre 1816 — l'Administration a négligé du reste de relever le nombre de voitures particulières à deux chevaux qui existaient à cette époque, mais ce nombre ne devait pas être considérable; enfin parmi les voitures de marchandises, nous constatons les nombres de 3080 charrettes et haquets et 1 338 tonneaux de porteurs d'eau dont plus de 800 à bras.

Les fiacres et cabriolets étaient déjà répartis dans 71 places pour les fiacres, 29 pour les cabriolets intérieurs et 4 pour les cabriolets extérieurs; les Ier, Xe et XIIe arrondissements étaient ceux où les stations de fiacres étaient les plus nombreuses; par contre, dans le IXe qui est le nôtre, on ne trouvait alors que 3 stations de fiacres et 2 de cabriolets.

Le 1er janvier 1819, le nombre des véhicules enregistrés à Paris était donc de 18381 ; le nombre des cochers ou conducteurs inscrits était de 1 674 pour les fiacres, 2 025 pour les cabriolets et 1 076 pour les voitures de messageries.

J'ai relevé ces indications dans un très intéressant ouvrage qu'a mis à ma disposition M. de Pietra Santa, chef de la Section des Voitures publiques à la Préfecture de police et qui a pour titre *Étude historique et statistique sur les moyens de transport dans Paris*.

L'étude des fiacres automobiles m'a amené forcément à parler tout d'abord de la circulation dans Paris : pour donner quelque idée du développement de celle-ci, je devrai étudier non seulement le développement des fiacres à chevaux, mais encore le développement parallèle des autres moyens de transport public, omnibus et tramways.

Fiacres a Chevaux. — En ce qui concerne les fiacres à chevaux, la Compagnie générale des Voitures à Paris créée en 1855 m'a communiqué les renseignements suivants.

Les voitures de place et de grande remise qu'elle mettait à la disposition du public en 1856 étaient au nombre de 4147 ; ce nombre était de 4727 en 1867, année de l'exposition ; il a passé à 6600 en 1877 pour atteindre 7867 lors de la fermeture de l'Exposition de 1889.

Le nombre de ses chevaux a été sensiblement proportionnel au nombre de voitures, bien que la proportion de grande remise

par rapport aux voitures de place ordinaires influe légèrement sur ce nombre ; elle possédait 7 793 chevaux en 1856, 10355 en 1867 pour passer par un maximum, en 1877 de 11 110, enfin le nombre de chevaux n'était plus que de 10 525 en 1890. En 1900 le nombre total des fiacres de première classe pour toutes les Compagnies dépassait à peine 12 000.

Omnibus et Tramways. — En ce qui concerne les omnibus, on sait qu'avant 1855 un très grand nombre de lignes et Compagnies concurrentes se disputaient l'honneur de transporter les Parisiens aux barrières des boulevards extérieurs, moyennant un prix parfois très variable.

En 1850, le nombre de voitures faisant un service régulier entre deux points désignés d'avance était de 226 et la longueur des lignes exploitées atteignait 171 kilomètres. Le monopole de la Compagnie générale des Omnibus fit la fameuse fusion entre toutes les lignes avec tarif unique à la suite de la concession Loubat du 18 février 1854 qui autorisait la création de voitures sur rails entre le Louvre, Sèvres, Saint-Cloud et Vincennes; le développement des moyens de transport en commun est attesté par les chiffres qui sont résumés dans le tableau I.

Tableau I. — *Omnibus et tramways de la C. G. O.*

	1857	1867	1877	1887	1891
Omnibus dans Paris. . . .	369	717	674	583	612
Tramways —	»	»	48	251	263
Totaux.	369	717	722	834	875
Parcours totaux en kilom. .	15 176 842	26 054 325	26 821 310	28 691 418	30 623 563

Nous remarquons dans le tableau ci-dessus que le nombre des omnibus a baissé assez sensiblement vers 1878 — c'est l'époque à laquelle on a commencé à supprimer les petits omnibus à impériale où l'on se hissait au moyen de marchepieds rudimentaires, pour y substituer d'abord les omnibus à trois chevaux avec escaliers ordinaires, puis ensuite les omnibus à trente places du type encore en service.

Les Compagnies de tramways autres que la C. G. O. sont : la

Société des Tramways de Paris et du Département de la Seine qui, de 1873 à 1876, a créé des lignes ayant un développement de 28,700 km dans Paris.

La *Compagnie Générale Parisienne des Tramways* a construit également dans Paris 45,300 km de voies entre 1873 et 1878.

Pour résumer le développement de la circulation, j'ai concentré les renseignements statistiques des voitures en circulation dans Paris aux trois dates caractéristiques de 1819, 1853, 1891 :

Tableau II. — *Statistique résumée des voitures au XIXe siècle.*

	1819	1853	1891
a) *Voitures à voyageurs.*			
Voitures bourgeoises	8 804	9 467	12 893
Fiacres.	2 071	1 992	9 136
Voitures de remise	877	3 450	4 710
Omnibus.	»	386	628
Tramways	»	»	806
Voitures de chemin de fer	»	159	85
Divers	1 233	921	1 235
Total des voitures à voyageurs . . .	12 985	16 375	29 493
b) *Voitures à marchandises.*			
Voitures de charge et haquets	9 080	10 530	11 669
Voitures des Halles		3 990	1 911
Voitures d'ordures ménagères, balayeuses, arrosage, etc.		390	1 430
Voitures de vidange		»	427
Tonneaux	1 344	1 000	»
Voitures des postes	»	»	155
Total des voitures à marchandises .	10 424	15 910	15 592
Total général.	23 409	32 285	45 085

On voit, dans le tableau ci-dessus, que le développement du nombre des voitures a été considérable, puisqu'il a atteint près de 50 0/0 entre les dates extrêmes des statistiques; on peut au surplus, compléter les renseignements donnés sur les voitures particulières par ceux qui résultent des recensements des voi-

tures aptes à être utilisées en cas de mobilisation : en 1878. 13 372 voitures ont été recensées ; en 1884, 13 373 voitures et en 1890 11 669 ont été recensées par l'autorité militaire.

C'est seulement en 1889 que le service de la statistique des voitures a été créé à la Préfecture de police et j'ai eu la bonne

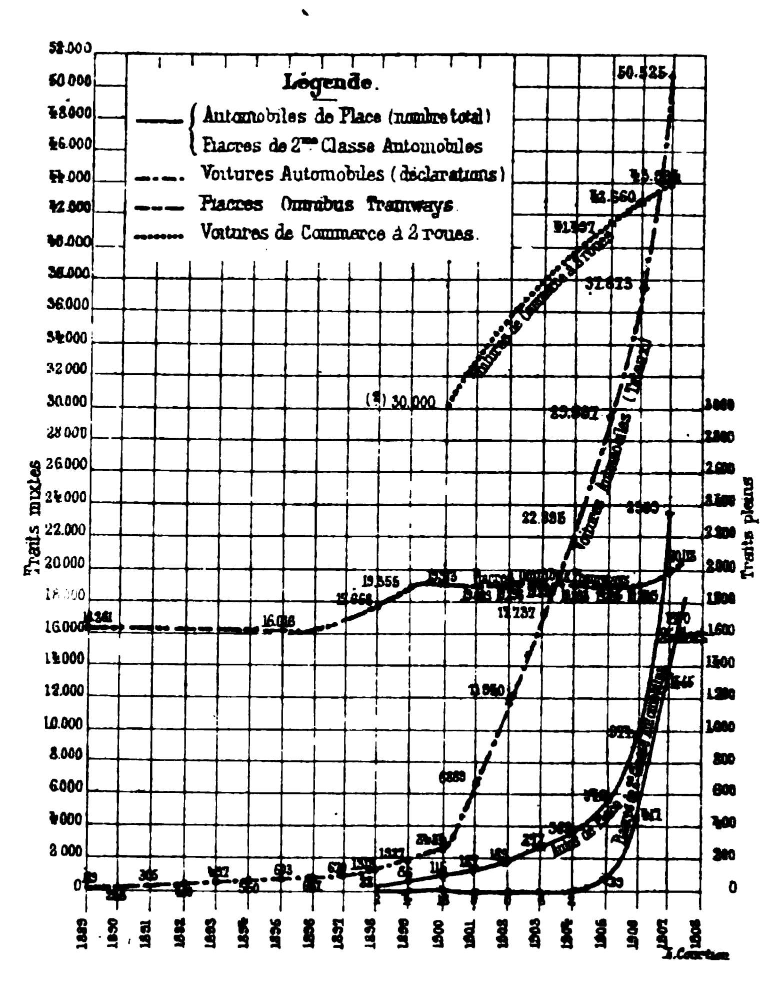


Fig. 1. — Statistique graphique des véhicules enregistrés à la Préfecture de Police.

fortune d'obtenir des fonctionnaires chargés de ce service l'autorisation de relever quelques-uns des chiffres les plus intéressants qui sont résumés dans les tableaux III et IV au moyen desquels j'ai dressé le graphique (*fig. 1*).

TABLEAU III. — *Résumé de la statistique annuelle de la Préfecture de Police.*

	1889	1895	1900	1905	1906	1907
1° Voitures à chevaux :						
Fiacres à deux places	10 221	9 632	10 863	9 817	9 737	9 409
Voitures diverses (1)	4 767	4 831	5 583	7 109	7 322	8 561
Omnibus et tramways à chevaux	1 270	1 499	1 102	850	814	685
Omnibus et tramways mécaniques	3	54	765	1 358	1 372	1 457
TOTAL (voitures publiques)	16 261	16 016	19 313	19 134	19 245	20 112
Voitures de commerce à deux roues (2)	»	»	30 000	41 497	42 660	43 994
2° Voitures automobiles :						
Voitures de place	»	»	115	546	974	2 359
Voitures particulières (3)	129	603	2 319	29 012	36 482	46 761
TOTAL des voitures enregistrées le 31 décembre à la Préfecture de Police	16 390	16 619	51 632	89 643	98 387	110 807

(1) Comprenant : voitures de première classe, grande remise, voitures de courses, voitures de chemins de fer, etc.

(2) Pour mémoire : les voitures de porteurs d'eau, au nombre de 3 en 1889 et de une en 1900.

(3) Il s'agit du nombre des récépissés de déclaration enregistrés par la Préfecture de Police et non pas du nombre d'automobiles en circulation chaque année.

Tableau IV. — *Statistique détaillée de la Préfecture de Police depuis la création des automobiles de place.*

	1898	1899	1900		1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	
	Décembre	Décembre	Août	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre	Août	Décembre
1° Voitures à chevaux :												
Fiacres.	11 495	12 017	12 529	11 097	10 455	10 424	10 333	10 123	9 995	9 914	9 575	9 608
Autres voitures de place.	4 400	5 402	5 903	5 886	5 848	5 899	5 898	5 765	5 724	5 454	5 237	5 204
Voitures diverses, omnibus et tramways.	1 773	1 936	2 352	2 330	2 796	2 973	3 103	3 175	3 415	3 870	5 116	5 300
Total.	17 668	19 355	20 784	19 313	19 099	19 296	19 334	19 063	19 134	19 245	19 928	20 112
2° Voitures automobiles :												
Voitures publiques	22	86	224	115	127	189	227	369	546	974	2 176	2 359
Dont : Fiacres de 2e classe	2	4	18	0	0	0	8	2	39	417	1 387	1 465
Voitures particulières (1).	1 289	1 837	2 067	2 319	6 762	11 751	17 452	22 524	29 012	36 482	»	46 701
Total.	1 311	1 923	2 291	2 434	6 889	11 950	17 729	22 893	29 558	37 456	»	49 060

(1) Années antérieures.	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
Voitures automobiles particulières	129	248	305	400	497	550	603	657	670

On remarque la progression constante des voitures publiques parmi lesquelles j'ai fait ressortir les fiacres à chevaux à deux places qui sont essentiellement les petites voitures parisiennes.

Quant aux tramways et omnibus à chevaux, leur nombre va diminuant dans une proportion inverse de l'augmentation des omnibus et tramways mécaniques. Enfin je fais ressortir le nombre des voitures automobiles particulières enregistrées au moyen des récépissés de déclaration qui ont été établis par le décret du 18 mars 1899 (1); ce nombre ne pouvant évidemment se confondre avec le nombre de véhicules réellement en service.

La statistique des voitures de commerce à deux roues ne commence que dans les derniers mois de 1900, époque à laquelle a été décrétée l'apposition d'un numéro spécial sur ces voitures; c'est pourquoi le nombre de 30 000 indiqué pour 1900, bien que sensiblement exact, n'est qu'approximatif.

Enfin les voitures de porteurs d'eau, qui au commencement du siècle étaient au nombre de 1 338, ne sont plus mentionnées sur ces statistiques que pour mémoire parce qu'elles ont complètement disparu en 1901.

Des renseignements précédents on peut essayer de conclure, d'une façon très approximative il est vrai, quelle est l'importance de la circulation parisienne en 1908.

1° *Voitures à chevaux.*

a La statistique indique au 30 avril 1908 9171 fiacres de 2e classe, 189 de 1re classe, et 4928 voitures de grandes remises et voitures spéciales ne sortant pas tous les jours; en tenant compte des indisponibles on peut estimer le nombre de véhicules sortant tous les jours à	12 000 véhicules
b Les voitures bourgeoises ont évidemment diminué depuis quelques années; le chiffre correspondant à celui de 12 893 pour 1891 est très difficilement évaluable actuellement	9 000 »

(1) Antérieurement à cette date et depuis 1899, les automobiles étaient autorisées à circuler au moyen de permissions particulières.

c) Le nombre des voitures à marchandises a augmenté avec le développement de l'industrie et, les véhicules automobiles de cette catégorie ne comptant pas encore, le chiffre de 1891 doit être augmenté sensiblement, pas d'immobilisation importante, soit . . . . 19 700 véhicules

d) Les voitures de commerce à deux roues sortent tous les jours; elles ont à peine 10 0/0 d'immobilisation ; au surplus, elles ne se renouvellent pas souvent; en y comprenant les voitures de maraichers et celles affectées au service des Halles centrales j'admets un chiffre global de. . . . . 40 000 »

e) Les voitures spéciales de la Ville de Paris (voitures des postes, voitures cellulaires, ambulances, balayeuses, ordures ménagères, arrosage, vidange), peuvent être évaluées à environ. . . . . 1 800 »

f) Voitures militaires. . . . . mémoire

2° *Voitures automobiles.*

a) Pour les voitures de place, la statistique au 30 avril indique 3 018 fiacres de 2e classe, 811 voitures de grande remise et 55 voitures diverses; très peu d'immobilisations, soit environ . . . . 3 500 »

b) En ce qui concerne les automobiles particulières, il est fort difficile de se faire une idée exacte du nombre de véhicules circulant par jour ; en effet, les chiffres de la statistique officielle donne le nombre de déclarations depuis l'origine, mais beaucoup de voitures ont disparu ou ont été vendues en province ; un grand nombre ne circule que le dimanche ; de sorte qu'en prenant le quart seulement du chiffre on arrive peut-être à une évaluation exacte. . 12 000 »

Total. . . . 98 000 véhicules

On peut donc dire que près de 100 000 véhicules circulent par jour sur le pavé parisien.

Or les courses devenant de jour en jour plus longues par suite de la décentralisation des affaires, il est nécessaire journellement de parcourir un nombre plus respectable de kilomètres pour un même service et il est certain que le coefficient de movibilité de la population a augmenté énormément depuis quelques années.

Du reste, l'expérience a démontré que plus l'on met à la disposition du public de moyens de locomotion, plus la circulation augmente et cette progression dans la circulation dépasse très vite le moyen de locomotion offert. Le Métropolitain en est une preuve trop évidente pour qu'il soit nécessaire d'y insister.

Ces 98 000 véhicules parcourent un nombre de kilomètres journaliers tout à fait incalculable passant et repassant au centre de Paris (qui est évidemment le premier arrondissement), ce qui crée les impedimenta dont nous souffrons tous les jours, et il serait curieux de connaître ce nombre de kilomètres parcourus en fonction de la surface des voies fréquentées des arrondissements centraux; j'ai pensé qu'il aurait été téméraire d'essayer de faire ce calcul. Cependant à l'appui de sa demande d'une réglementation nouvelle, M. le Préfet de Police a tout dernièrement fait établir un pointage des véhicules passant en quatre points de Paris où la circulation est particulièrement intense; ce pointage, établi aux mêmes endroits il y a vingt-sept ans et à la même époque, a été fait de 3 à 7 heures du soir pendant la première semaine du mois de février; les chiffres, ramenés à la moyenne journalière, ont été les suivants :

	1881	1908
Champs-Élysées (chevaux de Marly). . . .	1 435	6 330
Carrefour rue Royale-rue Saint-Honoré . .	2 117	9 889
Carrefour Drouot	3 829	8 201
Carrefour Rivoli-Sébastopol.	4 702	4 856

La proportion des automobiles est la suivante :

Champs-Élysées, 3 008 automobiles sur 6 530 véhicules; carrefour rue Royale, 3 202 automobiles sur 9 889 véhicules; carrefour Drouot, 1 909 automobiles sur 8 201 véhicules; carrefour Rivoli-Sébostopol, 654 automobiles sur 4 856 véhicules.

Cette circulation représente au carrefour de la rue Royale 2 472 véhicules à l'heure, soit plus de 40 véhicules à la minute.

Or, le fiacre automobile présente deux avantages intéressants à ce seul point de vue de la circulation : il va plus vite et il encombre moins les rues ; cette dernière condition résulte de sa plus faible longueur, de la facilité que l'automobile possède à un très haut point de se faufiler, et enfin de sa vitesse même qui diminue les stagnations.

Le fiacre automobile, né seulement d'hier, ne va pas tarder à supplanter presque entièrement, sinon en totalité, l'ancien fiacre à chevaux de 1787, son aîné, par conséquent, de cent-vingt ans.

DEUXIÈME PARTIE

Le Fiacre automobile au point de vue statistique et économique.

J'ai donné dans le tableau IV, une statistique détaillée pour chaque année de 1898 à 1907, parce que c'est en 1898 qu'est apparu le premier fiacre automobile ; on remarquera qu'à propos de l'Exposition de 1900 la Compagnie générale des Voitures avait mis en service 18 voitures électriques et que, dans les années suivantes, aucun fiacre automobile n'existait dans Paris ; au contraire, depuis deux ans, le développement a été considérable et les deux chiffres de 1906 et 1907 marquent une progression très caractéristique (1).

J'ai indiqué dans le tableau V, pour les principaux loueurs, les données principales des châssis employés en faisant ressortir la puissance nominale et les caractéristiques du moteur et, autant que possible, le poids des châssis et des voitures.

Les constructeurs qui ont livré aux Compagnies exploitantes le plus grand nombre de fiacres automobiles sont les maisons Renault, Georges-Richard-Unic, Darracq, Delahaye, Clément-Bayard, Duhanot, Ours, Chenard et Walker, Krieger, Brouhot, Pax, etc.

Certains de ces constructeurs ont même fait des livraisons très importantes à l'étranger et, notamment, à Londres, à New-York et à Berlin.

Une dernière indication était enfin utile pour compléter les renseignements statistiques précédents ; ce sont ceux qui se rapportent aux tarifs employés. Le tableau VI donne, à ce point

(1) Le 30 avril 1908, date à laquelle je me suis rendu à la Préfecture de police, le nombre des voitures et des fiacres automobiles enregistrés dépassait 3000.

de vue, les relevés que j'ai faits sur les principaux véhicules circulant à Paris.

On y remarquera que les puissantes Compagnies ont une tendance marquée à adopter le chiffre de 0,333 f le kilomètre; il en est ainsi de la Compagnie générale des Voitures automobiles (voitures Unic), la Compagnie française des Automobiles de place (voitures Renault), la Compagnie des Autos-Fiacres (voitures Renault et Duhanot), etc., qui utilisent des moteurs 2 cylindres. A ce même tarif, marchent les voitures Ours à 3 cylindres de MM. Thorand, Thiem et C[ie] et également les automobiles Unic 4 cylindres de la Compagnie Meteor.

Les renseignements officiels de la Préfecture de police indiquent qu'à la date du 31 décembre 1907 le nombre des voitures automobiles faisant un service public, mises en circulation, s'élevait à 2 359 véhicules, se décomposant ainsi :

Voitures automobiles de place, 2[e] classe. . . .	1.465
— — 1[re] classe. . . .	42
— — de grande remise, etc. .	852
TOTAL.	2.359

La Chambre syndicale des loueurs d'automobiles m'a fait connaitre que sur les 1 465 voitures qui existaient fin 1907, 235 voitures étaient exploitées par des loueurs possédant au moins 5 voitures, 145 par des loueurs ou de petites coopératives possédant une ou deux voitures, la différence, soit un millier environ, étant relative aux Sociétés anonymes qui, à mon avis, semblent seules, jusqu'à présent pouvoir s'organiser en vue d'une exploitation rémunératrice.

La Compagnie française des Automobiles de place, qui est l'une des plus anciennes, a actuellement 1 050 voitures Renault 2 et 4 cylindres en sa possession, sur lesquelles plus de 800 sont immatriculées au service des voitures de la Préfecture de Police; la Compagnie des Autos-Fiacres aura sous peu 500 voitures en service; la Compagnie des services Meteor possède 100 voitures Unic 4 cylindres; la Compagnie des Taxautos électriques exploite 100 voitures Krieger à transmission électrique; la Compagnie générale des Automobiles Taximètres possède 100 voitures Chenard et Walker 4 cylindres; enfin, la Compagnie générale des Voitures met en service des voitures Clément et autres dont le nombre augmente tous les jours.

TABLEAU V. — *Caractéristiques techniques des principaux fiacres automobiles de Paris.*

NOM DE L'EXPLOITANT	TYPE DE CHASSIS	NOMBRE de CHASSIS	MOTEUR			MODE de transmission	POIDS	
			Nombre de cylindres	Puissance nominale	Alésage course		Châssis	Voiture
							kg	kg
Auto-Express (Compagnie des Voitures)	Prunel, moteur Ballot.	»	4	15 — 16	»	Cardan.	»	»
Auto-Fiacres (Compagnie des)	Renault.	500	2	8 — 10	75 × 100	Cardan.	600	1 000
	Duhanot.	100	2	10	90 × 100	Cardan.	»	»
Auto-Guêpes (Gueldry)	Prunel, moteur Gnome.	»	2	10 — 12	»	Cardan.	»	1 200
Automobiles de place (Compagnie Française des)	Renault.	1 050	2	8 — 10	80 × 120	Cardan.	650	4 000
Automobiles Parisiennes (Compagnie des)	Delahaye.	»	2	10 — 12	90 × 110	Cardan.	650	1 000
Automobiles-taximètres (Compagnie Générale des)	Chenard et Walcker.	100	4	15	86 × 130	Cardan.	800	1 150
Auto-taxima-Le Soleil	Pax, mot. Lethimonnier.	25	4	10 — 12	75 × 110	Cardan.	700	1 050
Avenir (Société Générale de l')	Prima.	15	4	12 — 15	85 × 90	Cardan.	580	950
Baehr et de Diétrich	Delahaye.	»	2	12	92 × 110	Cardan.	750	1 000
Bellan-Carvallo	Hurtu.	25	4	12 — 14	80 × 110	Cardan.	700	1 080
Chauffeurs Parisiens (Les)	Delahaye.	»	2	10 — 12	90 × 110	Cardan.	570	970
Compagnie Générale de Ventes automobiles	De Dion-Bouton.	10	1	8	100 × 120	Double cardan.	530	975
Etoile-Auto (Société Coopérative)	Darracq.	»	2	10 — 12	90 × 100	Cardan.	»	1 150
Meteor (Société Générale des Services automobiles)	Unic.	100	4	10 — 14	75 × 110	Cardan.	675	1 025
Prévoyante (la)	Darracq.	»	2	10 — 12	100 × 120	Cardan.	500	1 200
Ruche Parisienne (La)	Brouhot.	»	4	10 — 12	75 × 110	Cardan.	700	1 100
Serruau	Unic.	20	4	10 — 14	90 × 100	Cardan.	700	1 100
Taxautos Electriques (Compagnie Parisienne des)	Krieger, moteur Aster.	100	4	15	84 × 115	Électrique.	950	1 400
Thoraud, Thiem et Cie	Ours.	80	3	14 — 16	95 × 140	Cardan.	735	1 200
Union Parisienne des Chauffeurs	Delahaye.	»	2	10 — 12	92 × 110	Cardan.	650	950
Urbaine (Compagnie Parisienne de Voitures)	De Dion-Bouton.	10	2	10 — 12	78 × 100	Double cardan.	800	1 100
Voitures automobiles (Compagnie Générale des)	Unic.	60	2	10 — 12	102 × 110	Cardan.	750	1 000
	Berliet.	20	4	12 — 15	105 × 130	Chaînes.	800	1 200
Voitures à Paris (Compagnie Générale des)	Clément.	50	4	10 — 16	75 × 120	Cardan.	750	1 200
	Clément.	100	2	9 — 11	80 × 120	Cardan.	525	900

TARIF LE PLUS BAS

NOM DE L'EXPLOITANT	PRISE EN CHARGE — 0 fr. 75 par mètres	PRISE EN CHARGE — 0 fr. 75 par minutes	Soit par kilomètre	PRIX KILOMÉTRIQUE — Bases adoptées		Soit par kilomètre	AUTRES TARIFS	
			fr.	m	fr.	fr.		fr.
Compagnie Générale des Voitures à Paris	750	6	1,00	250	0,10	»	»	Nuit, supplément 1 »
Compagnie Parisienne des Voitures l'Urbaine	900	»	0,833	300	0,10	0,33	»	Nuit, le kilom. 0,50
Compagnie Française des Automobiles de place	900	»	0,833	300	0,10	0,33	2 3	Jour, le kilom. 0,40 Nuit, supplément 0,50
Compagnie Générale des Services automobiles Meteor	900	»	0,833	300	0,10	0,33	2 3	Jour, le kilom. 0,40 Nuit, supplément 0,50
Compagnie Générale des Automobiles Taximètres	1 000	8	0,750	500	0,20	0,40	»	Nuit, supplément 0,50
Cie Gle des Voitures automobiles (*Voitures Unic*)	900	»	0,833	300	0,10	0,33	2 3	Jour, le kilom. 0,40 Nuit, supplément 0,50
Cie Gle des Voitures automobiles (*Voitures Berliet*)	600	4 1/2	1,25	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Compagnie des Autos-Fiacres	900	»	0,833	300	0,10	0,33	»	»
Compagnie Parisienne des Taxautos électriques	600	4 1/2	1,250	200	0,10	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Thorand, Thiem et Cie	900	»	0,833	300	0,10	0,33	2	Jour, le kilom. 0,40
Compagnie des Automobiles parisiennes	600	4 1/2	1,250	200	0,10	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Auto-Taxis « le Soleil »	600	»	1,250	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 0,50
Compagnie Générale de Ventes automobiles	800	8	0,937	400	0,20	0,50	»	Nuit, suppl. 0,50 et 1 »
Auto-Express	600	4 1/2	»	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Les Chauffeurs de la Seine	600	4 1/2	1,250	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
La Ruche Parisienne	600	4 1/2	1,250	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Société Coopérative Etoile-Auto	600	4 1/2	1,250	400	0,20	0,50	»	Nuit, supplément 1 »
Bellan-Carvallo	600	4 1/2	1,250	400	0,20	0,50	»	»
Baehr et de Diétrich	900	»	0,833	300	0,10	0,33	2 3	Jour, le kilom. 0,40 Nuit, supplément 0,50
Gueldry	800	»	0,937	400	0,20	0,50	»	»
R. Muller	800	6	0,937	400	0,20	0,50	»	Nuit, suppl. 0,50 et 1 »
P. Serruau	1 000	6	0,750	500	0,20	0,40	2 3	Jour, supplément 0,50 Nuit, suppl. 0,50 et 1 »
Cie Générale des Voitures à Paris (*Voit. à chevaux*)	1 200	»	0,625	400	0,10	0,25	»	»
Cie Parisienne des Voitures l'Urbaine	0 fr. 15 pour 100	3	1,40[illegible]	400	0,10	0,25	»	Nuit, supplément 0,50

Examinons maintenant la question économique proprement dite.

La courbe qui indique la progression extrêmement rapide des fiacres automobiles enregistrés à la Préfecture de police n'a certainement pas été suivie par les clients et, tandis que les premiers véhicules lancés sur le pavé parisien ont eu un très grand succès financier en s'adressant à une clientèle qui ne comptait pas, il n'en a pas été de même pour leurs successeurs qui ont à lutter encore contre certains préjugés au sujet desquels la fâcheuse campagne entreprise contre les automobiles n'a pas été sans produire les plus mauvais résultats.

Il ne faut pas oublier, d'autre part, que le fiacre à chevaux n'a pas été en diminuant proportionnellement au nombre de fiacres automobiles et que les véhicules autres que les fiacres destinés aux transports en commun, qu'il s'agisse d'omnibus ou de voitures spéciales telles que voitures de courses ou même de voitures de remise, sont toujours en très grand nombre et que ces dernières, par exemple, tendent à accaparer, au détriment du fiacre de deuxième classe, la plus grande partie de la clientèle riche.

Pour les fiacres à chevaux, on a établi qu'on pouvait compter en moyenne, par jour, sur 14 prises en charge et une trentaine de kilomètres utiles, soit 2 ou 2,5 km par course en moyenne.

Quelles recettes font donc les fiacres à chevaux de ce chef ?

14 prises en charge à 0,75 f = 10,50 f;

28 km à 0,25 f = 7 f;

35 km à 0,25 f = 8,75 f.

Dans le premier cas, la recette brute est de 17,50 f, qui doit être diminuée de la part du cocher, soit net 13,10 f.

Dans le deuxième cas, on a une recette brute de 19,25 f et une recette nette de 14,25 f.

Pour les fiacres automobiles, il résulte des renseignements recueillis que le nombre des prises en charge est beaucoup moindre et que, si l'on pouvait compter sur les quatorze prises en charge du fiacre hippomobile, la solution économique du problème serait beaucoup plus facile.

On compte actuellement que le nombre de prises en charge en moyenne ne dépasse pas 8 à 9; mais, d'autre part, le nombre de kilomètres parcourus par les voitures automobiles est beau-

coup plus considérable ; ce nombre de kilomètres varie au surplus selon les jours de la semaine et selon les types de voitures; c'est, en général, le samedi et le dimanche que la distance kilométrique utile parcourue est la plus grande avec la maraude la plus faible ; je crois qu'on peut compter sur une moyenne de 70 km par jour parcourus par chaque voiture, sur lesquels la maraude représente 15 à 25 km suivant les jours.

Une différence importante entre les fiacres automobiles et le fiacre à chevaux, c'est que, tandis que le kilomètre parcouru ne coûte rien ou presque rien à l'exploitant du fiacre hippomobile, il coûte relativement cher à l'exploitant du fiacre automobile, puisqu'il se traduit par des dépenses de consommation, d'entretien et d'usure qui n'existent que dans une très faible limite pour l'ancien véhicule.

On trouve donc, au point de vue de l'utilisation, d'assez grandes différences entre les deux types de véhicules et malgré les tarifs plus élevés que celui des fiacres à chevaux, les fiacres automobiles ne seront dans une situation prospère que lorsque le public sera mieux habitué à leur emploi.

Il est, au surplus, une question qui demande à bref délai une solution, c'est celle de la multiplicité des tarifs ; les surprises désagréables que le public a subies parfois de ce chef le rendent extrêmement timide et l'engagent, en tous cas, à s'adresser aux Compagnies qui, par des caractéristiques extérieures ou par leur ancienneté, assurent au client des tarifs qu'il connait d'avance.

A ce point de vue, il faudrait souhaiter que le tarif des fiacres automobiles soit unifié et, si cette solution excessivement simple ne donnait pas satisfaction à tous, il faudrait n'avoir, par exemple, que trois tarifs appliqués aux voitures, selon leur type de moteur (4 cylindres, 2 et 3 cylindres et monocylindriques), chacune de ces catégories de moteurs correspondant évidemment à un confortable et à une vitesse qui justifieraient la différence de tarif et que le public pourrait, par exemple, distinguer au moyen de drapeaux portant des signes différents.

Ces principes économiques établis, nous étudierons dans la troisième partie les éléments techniques qui sont de nature à abaisser les prix de revient.

TROISIÈME PARTIE

Conditions techniques d'établissement du fiacre automobile.

Pour diminuer le prix de revient journalier des fiacres automobiles, il faut chercher à réduire quatre chefs de dépenses qui sont les suivantes :

a) Dépenses relatives à l'entretien et au remplacement des bandages élastiques;

b) Dépenses relatives au combustible et au lubrifiant ;

c) Frais d'entretien journaliers et de grosses réparations; frais de réparations en cas d'accident ;

d) Frais d'amortissement du véhicule.

a) Bandages élastiques.

Les bandages élastiques dans les voitures automobiles sont une nécessité qui n'a plus besoin d'être démontrée, et il ne faut pas oublier que c'est à notre Société que pour la première fois Michelin, le père des pneumatiques, a indiqué le rôle de ceux-ci d'une façon qui fait image en disant que « le pneu boit l'obstacle ». C'est, en effet, parce que le pneumatique produit ce résultat que son emploi s'est généralisé apportant ainsi un facteur important à la diffusion de l'idée automobile.

Le bandage élastique peut être plein ou pneumatique ; dans le premier cas, on est arrivé à établir des bandes d'une gomme irréprochable, munies d'attaches qui permettent un remplacement rapide tout en assurant la solidité de la fixation ; les bandages de Bergougnan, de Falconnet-Perrodeau ou de Torrilhon sont établis actuellement de façon à pouvoir faire un service de durée très normale; mais il ne faut pas oublier que le bandage plein donne aux ressorts et aux pièces non suspendues une trépidation qui oblige à renforcer ces pièces, et, comme la question de poids, ainsi que nous le verrons plus loin, joue un rôle capital dans l'exploitation des fiacres automobiles, je suis persuadé que la solution ne se trouvera pas dans cet ordre d'idées en raison même de cette circonstance.

On a proposé également des bandages mi-creux ou pleins de produits à base de gélatine, mais ils ont, comme les pleins du reste, l'inconvénient d'immobiliser un capital important et jusqu'à présent, malgré leurs succès dans certains concours, leur emploi ne s'est pas développé.

Certains inventeurs ont songé également à la roue élastique avec ou sans adjonction de la bande en caoutchouc. Je crois, pour ma part, que la solution sera résolue d'abord pour les poids moyens, tels que les voitures de livraison, avant de l'être pour les véhicules de fiacres et, au surplus, la seule voie dans laquelle les inventeurs aient montré qu'il pouvait y avoir une chance de réussite est celle non de la roue élastique à ressorts, mais du bandage métallique déformable par des éléments juxtaposés se rapprochant ainsi du pneumatique.

Celui-ci reste donc en l'état actuel de l'industrie le seul bandage possible pour le fiacre automobile. Au surplus, l'expérience qui a été faite par les fiacres à chevaux a bien montré la faveur du public pour cette augmentation de confortable des véhicules qu'il utilise journellement, et, si le Parisien du siècle dernier s'est contenté de l'ancienne voiture cahotante à roues ferrées marchant à 8 km à l'heure, la clientèle actuelle demande évidemment un plus grand confortable et une plus grande vitesse que seul le pneumatique permet de réaliser. Il faut bien dire au surplus que depuis quelques mois le pneumatique a conquis définitivement son droit de cité parce qu'il est constitué de telle façon qu'il donne de moins en moins d'ennuis à celui qui en fait usage. On peut dire qu'actuellement le pneumatique ne subit presque plus de crevaisons et la course de vitesse du circuit de Dieppe de 1907 a très justement montré un réel progrès en ce sens : notre collègue Michelin nous montrait après la course avec orgueil les provisions de pneumatiques de rechange à peine entamées après que trente voitures avaient circulé à une allure extra-rapide sur plus de 700 km.

Toutefois, pour ménager le pneu, il faut remplir deux conditions :

1° Le bandage doit être surveillé d'une façon très rigoureuse et réparé en temps opportun par des mains compétentes : c'est là une question d'organisation intérieure ; certaines Compagnies de fiacres automobiles l'ont très bien résolue : des spécialistes surveillent journellement les pneumatiques des voitures ; de plus, chaque chambre à air et chaque enveloppe a son état civil

qui permet de la réparer avant qu'un accident irrémédiable soit venu la mettre hors de service prématurément; pour cet entretien, le gonflage mécanique journalier semble absolument s'imposer.

2° La deuxième condition est que le mécanisme soit disposé pour éviter les à-coups. Les constructeurs d'automobiles, lorsqu'on leur montre une pièce brisée, ont une tendance très naturelle à rejeter la faute sur le mécanicien, mais j'estime qu'il arrivera un moment, et que ce moment est proche, où l'on demandera au constructeur de disposer ses organes de telle sorte que le conducteur ne puisse faire une fausse manœuvre; la soupape de sûreté des machines à vapeur ou les enclanchements d'aiguillages sont, dans le même ordre d'idées, des perfectionnements analogues à celui que j'attends des constructeurs d'automobiles. Il faudra, notamment, que la pédale d'embrayage ne soit, pour ainsi dire, qu'un servo-moteur et que l'embrayage proprement dit se fasse toujours avec la même douceur, quelle que soit la brutalité du pied, tout en évitant le patinage des roues motrices si fréquent aux démarrages et si préjudiciable aux bandages antidérapants; il faudra également que, grâce à des palonniers perfectionnés, le freinage se fasse d'une façon sensiblement plus douce sur les roues qu'il ne se fait actuellement: pour cela, il faudra probablement généraliser la transmission sur les roues arrière du freinage du pied et installer sur les voitures des dispositifs de réglage instantané qu'on ne trouve encore qu'à l'état embryonnaire dans les véhicules de certaines marques; il faudra, enfin, que la direction soit construite de telle sorte que le jeu se rattrape presque automatiquement pour éviter les usures anormales de pneumatiques qu'on constate parfois sur les roues d'avant lorsque la direction permet un léger flottement de ces roues.

En l'état actuel, il faut, pour économiser les bandages, chercher à réaliser les deux conditions suivantes : d'une part, il faut limiter la vitesse du véhicule et, d'autre part, il faut limiter le poids de celui-ci.

On a dit, en effet, très justement, que les deux grands ennemis du pneu étaient la vitesse et le poids et c'est ce qui fait que, dans les grandes limousines de tourisme, on arrive à des dépenses si effrayantes de pneumatiques.

Pour limiter la vitesse des voitures, il est assez difficile de trouver un moyen mécanique efficace, car il ne faut pas compter

sur les régulateurs automatiques que le moindre chauffeur trouverait moyen de modifier à son profit après quelques jours d'étude; il ne faut pas non plus limiter outre mesure la puissance du moteur, car il est bon d'avoir une réserve de cette puissance pour monter les côtes; heureusement que, sur ce point, Paris ne présente pas de déclivités trop importantes. On remarquera à ce sujet que les autobus avec leur moteur de 40 chx possèdent cette réserve de puissance, mais elle est justement nécessaire pour les lignes à fortes déclivités sur lesquelles l'utilisation des autobus a été tentée tout d'abord par la C. G. O. Il semble, en tous cas, qu'une vitesse maxima de 35 km à l'heure en palier suffirait aux exploitants qui veulent limiter leur service à l'intérieur de Paris et c'est ce qui résulte un peu du referendum que j'ai sollicité, à l'occasion de ma communication, des exploitants actuels de fiacres automobiles.

Une autre question, au surplus, milite en faveur de la limitation de la vitesse, c'est la question des accidents qui sont bien plus nombreux lorsque le véhicule dépasse sensiblement la vitesse indiquée ci-dessus. Malheureusement, la limitation de la puissance n'empêchera pas les imprudences aux descentes, notamment, et, sur ce point, il faut souhaiter que l'éducation du piéton se fasse concurremment avec celle du conducteur d'automobile qui, actuellement, est, en général, un ancien cocher ne connaissant pas encore bien le danger de la vitesse excessive en certains cas.

Quant au poids, il est plus difficile à réduire que la vitesse, car il faut, évidemment, que tous les organes aient la résistance suffisante pour le dur service qui est demandé aux fiacres; au surplus, on fait les voitures lourdes parce que ce poids est favorable au confortable et il faudrait donc sacrifier une partie de celui-ci en réalisant des véhicules plus légers. Le tableau V indique les poids que j'ai pu vérifier; on voit que, pour certains véhicules, le poids en ordre de marche atteint 1 500 kg; dans ce cas, on paie le confortable par une consommation importante de pneumatiques. Il y aurait, au surplus, bien des points sur lesquels les véhicules pourraient être rendus plus légers; n'en déplaise à notre collègue Arbel, le créateur du châssis en tôle emboutie, je me demande si on ne reviendra pas, par exemple, pour cette application spéciale au châssis en tubes qui a fourni une si belle carrière entre les mains de constructeurs de premier ordre tels que Renault ou de Dion-Bouton; je crois égale-

ment que les moteurs à refroidissement d'air, dont j'ai eu l'honneur de dire quelques mots à la Société, lors d'une précédente séance, seront un facteur important de l'allégement des châssis.

Enfin, les carrosseries simplifiées, comme, par exemple, ces carrosseries en aluminium d'une seule pièce dont quelques spécimens américains nous ont été présentés dernièrement, ouvrent la voie vers une modification assez importante de l'allégement de cette partie du véhicule automobile la plus immédiatement en contact avec le public.

On peut arriver à réduire les poids dans une grande proportion pour les types à moteurs monocylindriques principalement; notamment MM. Chenard et Walker ont fait un châssis pesant 500 kg, soit 850 kg pour la voiture complète en ordre de marche; ces châssis sont munis d'un moteur 8 ch de de 100 × 120.

En tous cas, il faut spécialiser les véhicules en distinguant nettement les fiacres véhicules qui doivent être essentiellement urbains des voitures livrées pour le tourisme; il est, en effet, inadmissible qu'on emploie certains des petits véhicules actuels à faire un service qu'on demandait jusqu'à présent à des limousines de 40 ch, bien que nos constructeurs français soient arrivés à faire actuellement des véhicules résistants, et je pourrais citer l'étonnement d'un constructeur en villégiature, à la Pentecôte, au Mont-Saint-Michel, voyant arriver à 4 heures du soir, un petit fiacre de 8 ch de sa fabrication, pris la veille à 11 heures et demie du soir, en face du Vaudeville; le conducteur, sous l'appât d'un bénéfice important et avec l'innocence d'un débutant, n'avait pas hésité à marcher toute la nuit et toute la journée pour amener ses trois voyageurs au bord de la mer. Inutile d'ajouter que le constructeur était à juste titre très fier de cette performance.

b) Combustible.

Nature du combustible. — Le prix normal de l'essence est d'environ 42 centimes le litre pris en gros hors Paris; ce prix est descendu bien plus bas il y a quelques mois, mais les consommateurs bénéficiaient alors d'une guerre de tarifs qui ne pouvait durer et la hausse n'a pas tardé à se faire sentir. Cette essence paie dans Paris 20 centimes de droit d'octroi par litre, soit environ 50 0/0 du prix d'achat, ce qui est énorme.

On a donc intérêt à employer actuellement des combustibles liquides qui ne sont pas frappés de ces droits d'octroi. Parmi eux, l'alcool dénaturé, le benzol, ou le mélange, par parties égales, des deux liquides qui a pris le nom d'alcool carburé à 50 0/0, semblent avoir un avenir intéressant dans les fiacres automobiles.

En ce qui concerne l'alcool dénaturé, la consommation spécifique est légèrement supérieure, mais le rendement thermique du moteur est, d'autre part, évidemment amélioré; tous ceux qui ont fonctionné à l'alcool n'ont pas tardé à s'en apercevoir et parmi eux notre ancien président, M. Loreau, a été l'un des premiers vulgarisateurs du combustible national; malheureusement, l'élasticité de l'alcool et son odeur supportable ne peuvent compenser le manque absolu de fixité dans les prix et l'élévation de ceux-ci, de sorte que son emploi ne se généralisera que lorsque des mesures auront été prises pour abaisser le prix de l'alcool industriel et assurer la fixité relative de ce prix.

Le benzol, qui est un sous-produit des usines métallurgiques, est employé soit à l'état d'alcool carburé dans les autobus, soit à l'état de moto-benzol dans certains fiacres, comme par exemple, ceux de la Compagnie Meteor ou les Taxautos électriques.

Le prix d'achat est assez rapproché du prix de l'essence indiqué plus haut pour qu'il n'y ait pas lieu d'en faire état et le ravitaillement dans Paris et ses environs immédiats est parfaitement aisé.

Dans les expériences que j'ai faites dernièrement dans l'intérieur de Paris sur l'itinéraire du concours des fiacres établi par notre ancien collègue, M. Forestier, j'ai constaté que le benzol pouvait donner un rendement économique légèrement supérieur à celui de l'essence, mais j'indiquerai, de suite, la raison de cette supériorité : c'est que le carburateur avait été réglé pour le benzol mieux que pour l'essence et la démonstration contraire aurait pu parfaitement être faite.

Carburateur. — Ceci nous montre toute l'importance pour l'exploitation des fiacres automobiles de la question du carburateur; celui-ci doit remplir les conditions suivantes : il faut que le départ du moteur se fasse instantanément même à froid, le fiacre pouvant être appelé à stationner assez longtemps, soit au cours de son service, soit aux places de voitures. Il faut, en plus, une bonne utilisation et la possibilité de grandes différences de

régime. Doit-on exiger du constructeur de fiacres un carburateur essentiellement automatique ou simplement semi-automatique? C'est là une question qui n'a pas encore été résolue, mais j'ai l'opinion que le carburateur disposé de telle sorte que le conducteur puisse augmenter la quantité d'air supplémentaire à la main est appelé à donner une meilleure utilisation du combustible. Parmi les carburateurs automatiques, ceux de MM. Renault et de la Société Unic et bien d'autres encore, sont établis d'une façon tout à fait remarquable et les résultats obtenus dans la pratique sont excellents.

Dans la deuxième catégorie, MM. Longuemare frères ont présenté dernièrement un carburateur dans lequel les desiderata que j'exprimais pour l'adjonction de l'air supplémentaire sont résolus d'une façon très élégante.

Faut-il, d'autre part, que le moteur soit muni d'un régulateur de vitesse, comme dans les voitures Unic, ou en soit dépourvu comme dans les voitures Renault ?

C'est là encore une question qui n'est pas résolue et qui ne pourra l'être que par des exploitants ayant l'un et l'autre des systèmes sous leur contrôle direct.

La dépense journalière de combustible varie non seulement avec le carburateur, mais encore avec la nature du service que fait la voiture.

Sur les routes faciles et sèches des environs de Paris, plusieurs types de voitures arrivent à ne pas dépasser 9 litres par 100 km: dans les endroits encombrés de Paris, on arrive parfois au chiffre de 15 litres par 100 km, qui doit être un maximum pour les véhicules de fiacres à transmission ordinaire.

Nature des transmissions. — La consommation dépend essentiellement du rendement général de la voiture: sans parler du rendement du moteur et du combustible employé, la transmission a un rendement différent suivant qu'elle se fait par chaînes, par cardan ou par une transmission électrique; on a dit, avec juste raison, que la transmission par cardan était plus mécanique et demandait, dans les villes, moins d'entretien que la transmission par chaînes; quelques exploitants ont, cependant, adopté la seconde solution et déclarent n'avoir rien à lui reprocher.

D'autre part, la transmission électrique, telle que l'a réalisée notre collègue Kriéger, donne un confortable évident à tout le véhicule, des frais d'entretien plus faibles et des immobilisations

moindres qu'avec la transmission mécanique, mais le rendement général est forcément un peu moins élevé.

Dans les changements de vitesse mécanique, nous trouvons également des opinions très différentes : certains constructeurs, tels que MM. Renault, ont adopté la prise directe à la vitesse la plus élevée; d'autres objectent, avec certaines raisons, que dans un service urbain, où la deuxième vitesse doit être employée fréquemment, on a intérêt à ne pas généraliser l'emploi de la prise directe. En effet, s'il est exact qu'à la grande vitesse (3e vitesse) le rendement est infiniment meilleur parce qu'il n'y a

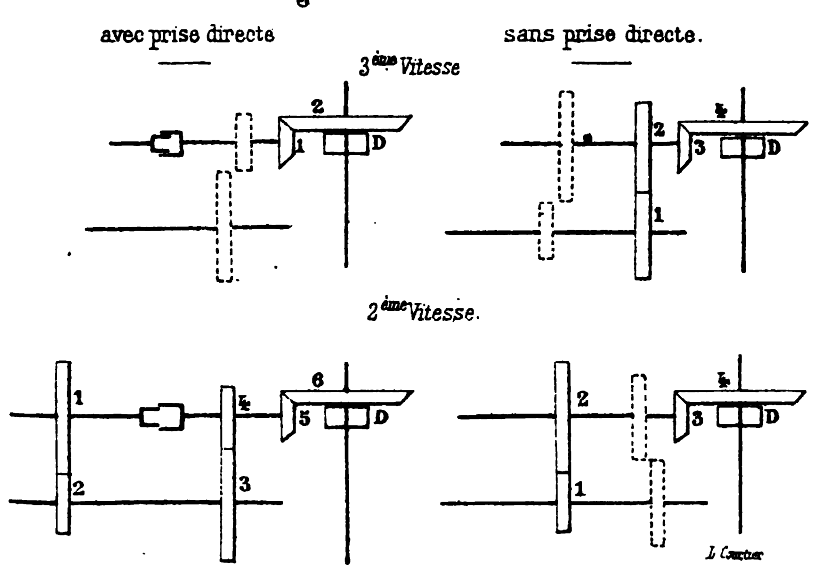


Fig. 2. — Schémas des changements de vitesse avec et sans prise directe.

que deux engrenages en prise (*fig.* 2), il y a, à la vitesse inférieure, trois paires d'engrenages en prises, d'où une absorption de travail assez sensible. Dans les systèmes qui ne comportent pas la prise directe, de Dion-Bouton, par exemple, la grande vitesse est obtenue par deux paires d'engrenages et la deuxième vitesse est également obtenue de la même façon; par conséquent, le rendement mécanique sera sensiblement égal dans l'un et l'autre cas.

Je crois que, sur ce point, le choix du système dépend du moteur employé et du service qu'on attend du véhicule. Pour des moteurs relativement puissants et des voitures rapides, la

prise directe s'impose, parce que l'élasticité de la puissance est telle qu'on emploiera peu souvent la deuxième vitesse ; au contraire, dans un fiacre monocylindrique, le système sans prise directe paraît devoir être préféré, car, évidemment, la deuxième vitesse sera d'un emploi presque aussi fréquent que la vitesse supérieure.

Un autre point sur lequel la discussion pourrait s'ouvrir est celui de la nécessité d'un changement de vitesse comportant 3 ou 4 vitesses : la plupart des fiacres automobiles actuellement en service sont munis de changement de vitesse à 3 vitesses, mais on peut se demander si l'adoption d'un appareil à 4 vitesses ne serait pas plus avantageux pour une ville comme Paris, en permettant une plus grande progressivité dans les différentes allures ; évidemment, cette amélioration sera plus sensible aux voitures munies d'un petit moteur monocylindrique qu'à celles qui emploient les moteurs à 4 cylindres. Elle vient d'être réalisée par MM. Chenard et Walker.

Dans le même ordre d'idées, on peut se demander si l'avenir ne sera pas aux engrenages toujours en prise : lorsqu'on examine les changements de vitesse en réparation dans une exploitation, on constate avec étonnement des différences considérables dans la conservation des dents ; ceci tient principalement aux conducteurs dont quelques-uns négligent les préceptes les plus élémentaires de l'art de conduire et il suffit souvent d'une fausse manœuvre pour abimer des dents d'engrenages d'une façon irrémédiable ; c'est pourquoi, quelques constructeurs de fiacres ont eu l'idée d'adopter le dispositif par engrenages toujours en prise ; il ne faut pas oublier, en effet, que les petites voitures de Dion-Bouton de 3 1/2 chx et 4 1/2 chx à deux vitessses étaient munies de ce système.

La mise en prise des différents pignons peut être faite soit par des griffes ordinaires (Hautier), soit par des griffes à rampes hélicoïdales (Sauvanet), soit par verrous ou clavettes glissant le long de l'arbre. Ce système, au surplus, a fait l'objet d'études de la maison Panhard-Levassor qui ont été abandonnées ; mais, en matière d'automobile, comme en bien d'autres matières scientifiques, il ne faut pas craindre de revenir sur des problèmes qui, à un moment, ont paru insolubles.

M. Hautier a combiné son système d'engrenages toujours en prise avec une démultiplication des mouvements qu'il fait subir dès la sortie du moteur et qu'il combine avec son embrayage.

Ce système est très recommandable parce qu'il diminue l'usure; le seul point douteux est celui du rendement qui est peut-être légèrement désavantagé par ce dispositif et il reste à savoir, pour des exploitants, s'il est plus avantageux de compenser un rendement un peu inférieur par une absence d'accidents et de réparations, ou de se tenir au système de tout le monde.

Type de moteur. — Il y aurait également bien des points à signaler en ce qui concerne le moteur; les expériences faites lors d'un concours récent au laboratoire de l'A. C. F., permettent de dire que l'emploi du moteur à 2 temps pourra peut-être, un jour, donner dans l'exploitation urbaine certains avantages de nature à le faire adopter de préférence au moteur à 4 temps; mais, pour le moment, aucun essai n'a encore été tenté dans ce sens: seules, des études sont en cours d'exécution sur ce point.

Graissage. — Bien que la question du graissage ne soit qu'une annexe du chapitre relatif au combustible, je dois, il me semble, en dire un mot, ceci en raison de son importance même.

La lubrification du moteur à explosion est absolument indispensable à assurer dans les meilleures conditions possibles, tant pour le fonctionnement proprement dit, que pour l'entretien des coussinets; or, par sa nature même, le cylindre à simple effet du moteur à 4 temps rend inapplicables les méthodes qui ont fait leurs preuves pour le graissage sous pression dans les machines alternatives à vapeur à double effet.

Nous constatons donc dans les moteurs d'automobiles des systèmes de graissage très différents; les uns emploient un simple barbotage avec des retours d'huile bien ménagés; les autres ont adopté la circulation complète au moyen d'une pompe à cycle fermé laissant simplement le soin au conducteur d'ajouter un peu d'huile de temps en temps ou faisant cette adjonction automatiquement; d'autres enfin ont des dispositifs de graisseurs commandés qui obligent à une distribution équitable de l'huile sur les différents points à lubrifier.

Il faut bien dire que ces systèmes de graissage n'ont pas donné entière satisfaction jusqu'à présent et il conviendrait d'appeler l'attention des Ingénieurs et des spécialistes sur cette question qui pourrait faire l'objet d'études intéressantes à présenter à notre Société. Quoi qu'il en soit, les excès de graissage du moteur ont pour résultat une abondance de fumée qui fait le désespoir des piétons à juste titre, il faut bien le reconnaître, et

pour laquelle les agents de M. le Préfet de police sont d'une impitoyable rigueur, d'où une source de contraventions qui indisposent fortement les conducteurs et qui les poussent souvent à essayer de rattraper par la fraude les sommes qu'ils sont obligés de débourser pour payer leurs amendes ou le chômage qui résultera pour eux d'un séjour à la prison de la Santé.

La difficulté réside en ce que l'huile doit être débitée d'une façon différente suivant que le moteur tourne à pleine allure comme, par exemple, hors Paris, ou bien qu'il tourne à allure réduite comme dans les quartiers excentriques, ou enfin, à allure intermittente, comme dans l'intérieur de Paris. La fumée peut être produite, au surplus, par la position déclive du véhicule sur une rue en pente ou bien par une aspiration intempestive de l'huile lors d'un arrêt, de sorte qu'on peut dire qu'avec les systèmes actuels, et malgré une grande prudence, le conducteur n'est jamais absolument à l'abri de la contravention pour fumée, et je dois ajouter que c'est par de fâcheuses expériences personnelles que je parle de ce sujet. D'autre part, si le conducteur est d'une trop grande parcimonie pour l'huile dans la crainte du procès-verbal, il arrive forcément, comme cela a été constaté en maintes circonstances, que les coussinets à sec se détériorent avec une très grande rapidité, d'où une réparation importante. coûteuse et une immobilisation onéreuse, de sorte qu'entre ces divers maux les exploitants ne savent, à vrai dire, à quel saint se vouer.

En l'état actuel de l'industrie, je crois qu'il faudrait d'abord obtenir du Préfet de police une mansuétude relative sur ce point et considérer que la fumée est un résidu intermittent mais, hélas! obligatoire au même titre que celui qui résulte de la circulation hippomobile et qui n'est pas non plus sans inconvénients; il faudrait ensuite que les constructeurs s'appliquent non seulement à munir leurs moteurs de bons appareils de graissage, mais, surtout à combiner leur moteur tout entier pour éviter ces inconvénients; il faudrait, notamment, que les pistons soient obligatoirement munis de quatre segments afin que la dépression dans les chambres d'explosion qui aspire l'huile des parois ne puisse se produire que si l'explosion vient empêcher l'effet fâcheux de ce mouvement contraire; c'est là une question qui n'est, évidemment, pas encore complètement résolue et qui intéresse à un très haut point cependant l'industrie des loueurs de fiacres automobiles.

c) Réparations.

La question des réparations est l'une des plus importantes de l'exploitation des fiacres automobiles et il faut dire de suite qu'on doit distinguer entre deux catégories bien distinctes de réparations. D'une part, il faut considérer celles qui sont dues aux usures normales (ou même quelquefois anormales) des mécanismes employés, par exemple, les changements des couronnes du différentiel ou les serrages des têtes de bielles, ou encore les visites périodiques des coussinets du changement de vitesse ; ce sont là des réparations qui devraient être exécutées annuellement aux époques de chômage, et ceci d'une façon quasi automatique.

Pour diminuer ces dépenses et les immobilisations qui en résultent, certains exploitants ont adopté des systèmes spéciaux; par exemple, le système de transmission électrique mixte établi par Kriéger, est sur ce point de nature à diminuer beaucoup les dépenses d'entretien et la main-d'œuvre de réparations; d'autres systèmes, que j'ai signalés plus haut, tels que le démultiplicateur Hautier ou le système d'engrenages toujours en prise Sauvanet, sont des facteurs importants, à mon avis, d'une bonne exploitation, par ce seul fait qu'ils diminuent forcément les frais d'entretien des voitures.

La deuxième catégorie de réparations est celle qui comprend la remise en état de pièces de la voiture, après les incidents ou les accidents de route ; il ne faut pas oublier, en effet, que ces accidents sont malheureusement nombreux dans une ville aussi encombrée que Paris, et dans laquelle, la conduite est souvent fort malaisée pour des chauffeurs souvent insuffisamment préparés. Il importe, pour cette catégorie de réparations encore plus que pour les autres, que les voitures soient disposées de telle sorte que l'immobilisation du véhicule en cas d'accident soit réduite au minimum. Pour cela, on a adopté des dispositifs ingénieux, et, parmi tous ceux qu'on pourrait citer, j'en signalerai deux qui sont assez caractéristiques. Certains constructeurs ont réuni le changement de vitesse au moteur, de façon que ce bloc puisse être facilement enlevé dès qu'une réparation est nécessaire. Les voitures Prima se sont fait remarquer par un dispositif de ce genre ; les fiacres Duhanot possèdent un bloc moteur analogue, et bien d'autres encore.

M. Bonâtre a combiné son châssis de fiacre en employant un dispositif encore plus complet : il place sur un faux châssis tout son système moteur comprenant le radiateur, le moteur avec ses accessoires, le tablier avant avec ses organes annexes, les pédales, le changement de vitesse, et tout cet ensemble réuni au châssis proprement dit par quatre verrous, peut être en très peu de temps enlevé pour être, soit remplacé par un autre interchangeable, si la partie mécanique est avariée, soit transporté sur un châssis dont la carrosserie est prête à sortir, si c'est au contraire le châssis et la caisse qui ont eu à souffrir d'un accident.

Je n'entrerai pas dans le détail des dispositifs adoptées pour ce système amovible, mais ils sont d'une très grande simplicité, car les seules liaisons mécaniques entre ce faux châssis moteur et le châssis proprement dit sont, d'une part, le joint de cardan qui s'enlève très facilement de lui-même, et, d'autre

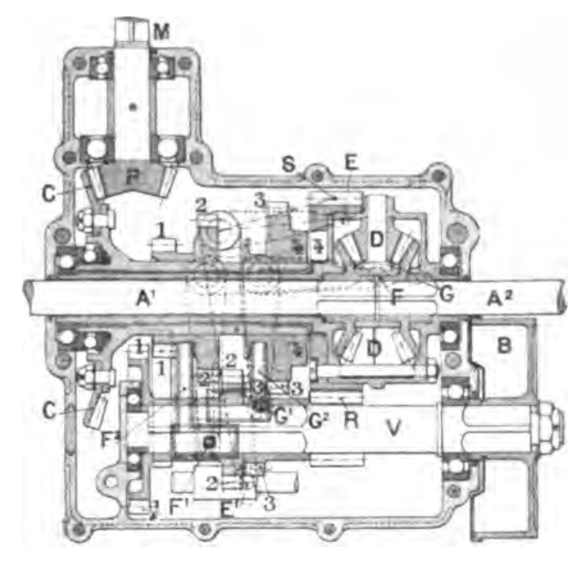


Fig. 3. — Changement de vitesse dans l'essieu moteur (Darracq).

M Arbre moteur;
P Pignon d'attaque;
C Couronne d'attaque;
1, 2, 3, 4 Engrenages de changement de vitesse;
V Arbre secondaire;
B Frein sur mécanisme.
D Différentiel;
A¹ A² Arbres des roues motrices.

part, la commande du changement de vitesse, qui se dégage également par un verrouillage très simple.

On a donc ainsi, d'une part, toute la partie mécanique, à l'exception de l'essieu arrière, et, d'autre part, le châssis portant la direction, la carrosserie et l'essieu arrière.

Un troisième système, qui est également adopté dans les fiacres parisiens, est celui préconisé par la maison Darracq (*fig. 3*) ; ce dispositif, qui a été indiqué il y a quelques années déjà, par

M. Henriod, consiste à accoler le changement de vitesse à l'essieu arrière, et comme cet essieu n'a, en général, comme liaison avec le châssis, qu'une pièce de poussée et les attaches des ressorts, il est facile de combiner l'un et l'autre de façon à permettre un remplacement rapide, de sorte qu'en cas d'avarie du changement de vitesse, du différentiel ou des roues arrière (et l'on sait que celles-ci subissent de nombreux avatars), il suffit de disjoindre ce bloc transmission pour le remplacer rapidement par un autre.

Dans le même esprit, on a essayé d'utiliser les carrosseries existantes en leur adjoignant un avant-train moteur ; de nombreux systèmes, dont quelques-uns fort ingénieux, du reste, ont été essayés depuis l'avant-train Pretot, de 1899. Aucun d'eux n'est encore entré dans la pratique des fiacres, bien que, pour les poids lourds, le dispositif Latil ait montré que le système était susceptible d'un fonctionnement industriel.

Enfin, à côté des réparations mécaniques, il ne faut pas oublier que, dans une voiture qui est faite pour tenter la clientèle, la question esthétique ne doit pas non plus être négligée. Sur ce point, il faut bien dire que nos carrossiers ne sont pas encore entrés dans une voie aussi utilitaire qu'on pourrait le souhaiter, et que notamment de grandes améliorations pourront être apportées, soit aux types de carrosserie, soit aux accessoires de celles-ci. Sans entrer dans aucun détail, il faut signaler que le landaulet, tel qu'il est compris actuellement, est difficile à bien construire et qu'en tout cas son prix de revient est assez élevé ; rien ne dit qu'on ne trouvera pas mieux pour le double service que les citadins attendent d'un véhicule pouvant être utilisé par les températures très variables de notre climat.

On n'est évidemment pas arrivé en matière de carrosserie automobile à la belle simplification du fiacre à chevaux avec ses cinquante ans d'âge et d'expérience journalière. Il faut bien dire, en effet, que le petit fiacre de la Compagnie Générale est d'une conception et d'une exécution très remarquables, étant donné le prix de revient auquel on arrive pour son établissement, et il faut souhaiter que la doyenne des Compagnies exploitantes résolve pour les automobiles, avec son expérience plus que demi-séculaire, le problème, aussi bien qu'elle l'a résolu pour ses fiacres à chevaux. Au surplus, il convient d'ajouter qu'elle est déjà entrée dans cette voie, en mettant en service des voitures Clément munies de dispositifs intéressants,

notamment la direction à gauche qui présente, pense-t-on, des avantages sur la direction ordinaire, pour la circulation urbaine ; sur ce point, au surplus, la discussion reste ouverte, et c'est à une longue pratique qu'il appartient de se prononcer.

d) Amortissement.

Le prix d'achat d'un véhicule automobile varie selon la qualité de la construction et surtout selon le poids du type mécanique employé. Les constructeurs, habitués à la clientèle de luxe, n'ont pas encore tiré de leurs machines-outils toute la quintessence possible et, à ce point de vue, la période évidemment transitoire de ralentissement constatée actuellement, sera peut-être de nature à faire aboutir plus complètement les études du véhicule utilitaire, dont le fiacre automobile est le spécimen le plus intéressant mais le plus difficile à bien établir.

Le prix d'achat des véhicules est encore très élevé, si on le compare au prix auquel on arrive à payer les locomotives, par exemple, toutes proportions gardées des poids respectifs des deux machines ; signalons simplement à ce sujet que le prix varie actuellement entre 5 et 8 f le kilogramme de châssis, et qu'il faut absolument obtenir une diminution des prix de revient.

Au surplus, il ne faut pas considérer la valeur intrinsèque de ce prix d'achat, car tout dépend de la marchandise que le constructeur fournit et, sur ce point, on peut se demander si les exploitants ont, jusqu'à présent, présenté aux constructeurs des cahiers de charges avec des programmes de nature à les obliger à améliorer les systèmes existants. Sur ce point encore, des améliorations sont à souhaiter et évidemment à prévoir.

Quant au calcul de l'amortissement, il ne pourra être établi d'une façon exacte que lorsque les Compagnies auront derrière elles un assez grand nombre d'années d'existence, pour avoir une opinion basée sur des chiffres certains.

Il faut distinguer, au surplus, l'amortissement du châssis qu'on peut admettre actuellement pouvoir être fait en sept ou huit années et l'amortissement de la carrosserie qui, au contraire, doit être fait dans une période maximum de trois à quatre années.

Sur ce point encore, nous devons donc nous contenter de renseignements un peu vagues, faute d'expériences antérieures suffisantes.

Toutefois, la discussion s'est ouverte sur ce point au sein de la Commission technique de l'Automobile-Club, à propos d'une question posée par l'état-major général, et voici les indications qui ont été données par M. Max Richard sur l'amortissement des fiacres automobiles. La formule proposée par notre collègue est la suivante : « La valeur du châssis nu sans pneumatiques doit être diminuée chaque année par rapport à son prix d'achat d'une somme égale à 25, 20, 15, puis 4 fois 10 0/0, ce qui revient à dire que l'amortissement total du châssis doit être fait en sept ans. Pour les carrosseries, il est prudent de compter un amortissement très élevé de 30 à 33 0/0, et ceci afin de mettre toutes les chances de réussite du côté des exploitants. »

Certaines Sociétés de fiacres automobiles dont on vient de publier les comptes annuels n'ont pas hésité à compter l'amortissement de leurs châssis en cinq années, mais en tous cas il paraît indispensable d'adopter une progression décroissante analogue à celle indiquée ci-dessus.

Conclusions au point de vue technique et économique.

La question économique, quand il s'agit de fiacres automobiles est évidemment si vitale que les considérations de cet ordre doivent, il me semble, sinon primer, tout au moins guider les conditions techniques d'établissement des véhicules.

La fixation des tarifs est tout d'abord d'une importance qui n'échappe à personne et on peut se demander si actuellement il est déjà possible de lancer sur le pavé parisien des fiacres automobiles au même tarif que les fiacres à chevaux. Les essais dans ce sens ont été jusqu'à présent très timides, mais rien ne dit qu'on n'arrivera pas un jour à cette solution.

Actuellement le tarif à 0,33 f le kilomètre ne semble pouvoir être rémunérateur que dans certaines conditions et il semblerait que c'est le tarif à 0,40 f le kilomètre qui soit de nature à donner une certaine sécurité au plus grand nombre des exploitants. Ce tarif est évidemment élevé pour la majorité du public et on arrive ainsi à un cercle vicieux : les loueurs ne peuvent baisser leurs tarifs parce que le nombre de prises en charge reste en général inférieur à 10, ce qui indique que le public n'est pas encore familiarisé avec le nouveau mode de locomotion tout

au moins pour les petites courses, et, d'autre part, le public n'aborde le fiacre automobile qu'avec timidité parce qu'il craint une dépense exagérée pour le service qu'il attend du véhicule et notamment pour les petites courses il considère, avec assez juste raison, que le fiacre à chevaux lui donne une satisfaction suffisante.

Il résulte, d'autre part que, des considérations techniques que j'ai développées au cours de mon mémoire, le prix de revient peut être abaissé assez sensiblement sur ce qu'il est actuellement en tenant compte, dans la mesure du possible, des conditions suivantes de construction et d'exploitation :

1° Distinction entre le fiacre essentiellement urbain ne devant pas être employé hors des limites de l'Octroi et celui qui, au contraire, sera adopté pour la banlieue, ou même pour le petit tourisme du dimanche ; pour les premiers, emploi du moteur monocylindrique ou bicylindrique, suivant le confortable offert, pour les seconds qui seraient tarifés à une classe plus élevée, adoption exclusive des moteurs à 3 ou 4 cylindres avec carosseries à 4 places, plus lourdes et, par suite, plus confortables.

2° Dans le cas du fiacre urbain dont le tarif devra s'approcher le plus possible du tarif actuellement en usage pour les fiacres à chevaux, la diminution du poids semble être une condition primordiale et il faudrait, à mon avis, arriver à construire des véhicules qui, en ordre de marche, ne dépassent pas 750 à 800 kg, soit à pleine charge avec trois voyageurs et le conducteur 1.000 à 1.100 kg. au maximum. C'est un chiffre qui n'a été atteint qu'exceptionnellement jusqu'à présent.

Cette diminution de poids aura pour effet de diminuer largement la dépense en bandages pneumatiques et en combustible et elle ne sera obtenue que par l'adoption de dispositifs spéciaux dans la construction des châssis et des carrosseries dont j'ai très sommairement indiqué quelques exemples ci-dessus. L'une des conséquences de la diminution de poids sera l'abaissement du prix d'achat et, par suite, l'amélioration du chapitre : « amortissement » ;

3° L'un des facteurs de la diminution du prix de revient journalier est également la limitation de la vitesse qui se répercute, comme le poids, sur la dépense en bandages et celle du combustible. Cette diminution de la vitesse diminuera également les frais généraux, notamment ceux qui résultent des assurances

contre les accidents au sujet desquelles on peut bien dire que des améliorations importantes devraient être réalisées;

4° Généralisation de l'emploi de l'alcool et du benzol pour les véhicules essentiellement urbains avec création de carburateurs donnant une utilisation économique et complète sans fumée ni odeurs incommodantes;

5° Dispositifs spéciaux dans la construction des châssis et des carrosseries en vue de diminuer les usures et dépenses d'entretien des mécanismes;

6° Pour diminuer l'immobilisation des véhicules onéreuse pour l'exploitation, soit pour l'entretien périodique, soit pour les réparations après accidents de circulation il faut que les exploitants aient, sous leur contrôle direct, un atelier de réparations mécaniques et un atelier de réparations de carrosseries installés de telle sorte que ces réparations soient faites dans le plus bref délai possible. Il faut donc prévoir l'exploitation seulement par des Sociétés puissantes et décourager les initiatives individuelles pour les fiacres urbains tout au moins.

C'est donc, malgré tout, avec confiance que l'on peut voir actuellement l'avenir du fiacre automobile en France. Je serai très fier et très heureux en même temps si les indications critiques que j'ai essayé d'énumérer devant la Société des Ingénieurs civils pouvaient servir à marquer la voie dans laquelle des améliorations devront être réalisées; ce serait, en tous cas, mal connaître le génie des techniciens français que de douter un instant que des solutions plus intéressantes d'année en année ne viennent améliorer les conditions d'exploitation des fiacres automobiles à Paris pour le plus grand bien du reste de notre grande industrie nationale tout entière.

Lucien PÉRISSÉ.

ANNEXE

La Commission des concours de l'Automobile-Club de France, dans le but de pousser les constructeurs dans la voie du fiacre utilitaire, a organisé, du 1er au 31 mai 1908 à travers la France, à côté de son concours de véhicules industriels patronné par le Ministère de la Guerre, une épreuve spéciale dite *Concours de Fiacres automobiles* sur des itinéraires combinés de telle sorte que les vérificateurs des poids lourds puissent procéder à la surveillance des fiacres concurrents.

Les principaux articles du Règlement sont les suivantes :

L'alcool carburé à 50 0/0 au minimum devra être employé comme seul combustible pendant toute la durée de l'épreuve et l'on voit de suite la préoccupation des organisateurs de favoriser ainsi le développement de notre combustible national.

Les voitures devront être munies de moteurs compris entre le monocylindre de 100 mm de diamètre (surface de piston 78,54 cm^2) et le 4 cylindres de 80 mm de diamètre (surface de piston 201,08 cm^2). Elles seront carrossées en coupés ou landaulets comportant deux places intérieures avec un siège extérieur ; ces carrosseries devront être complètement achevées, peintes, et munies de tous leurs accessoires.

En ce qui concerne le poids, on a établi que, pour la voiture la plus faible, le minimum serait de 1.000 kg et qu'une surcharge de 4,3 kg serait imposée par centimètre carré de surface de piston au delà de la surface minima de 78,54 cm^2 : le poids de la voiture la plus forte en ordre de marche et en charge sera donc 1 527 kg.

La vitesse pendant le concours devra toujours être maintenue entre 15 et 30 km à l'heure.

Il sera donné à chaque voiture deux enveloppes de rechange, antidérapante ou non, et quatre chambres de rechange; ces enveloppes seront poinçonnées et le parcours total qui comporte 4 500 km devra être fait avec les pneus approvisionnés.

Enfin le classement se fera entre toutes les voitures ayant accompli toutes les étapes dans les délais voulus au moyen d'une

épreuve spéciale de consommation à la tonne kilométrique totale en tenant compte du temps employé pour le parcours.

La formule qui a été adoptée est directement proportionnelle à la durée de l'épreuve et à la consommation totale du combustible en francs et inversement proportionnelle à la distance parcourue en kilomètres et au poids total.

Cette épreuve de consommation aura lieu, au cours de l'étape de retour Auxerre-Fontainebleau sur un parcours qui ne dépassera pas 120 km.

Parmi les maisons qui ont engagé des voitures pour ce concours spécial il y a lieu de noter les noms suivants : De Dion-Bouton, Brasier, Clément, Brouhot, Charron, Doriot-Flandrin, Gladiator, Vinot-Deginguand, etc.

DISCOURS PRONONCÉ AUX OBSÈQUES

DE

M. JOSEPH FARCOT

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

PAR

M. Ch. COMPÈRE

PRÉSIDENT DE LA TROISIÈME SECTION DU COMITÉ (1)

M. Reumaux, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, et M. Barbet, vice-président, n'ayant pu, à leur très grand regret, apporter ici, à la famille de Joseph Farcot, leurs très sympathiques condoléances, m'ont chargé, comme Président de la Section de Mécanique, de représenter la Société des Ingénieurs Civils aux obsèques de son ancien Président. Joseph Farcot fut, en effet, Président de la Société en 1879.

La Société des Ingénieurs Civils de France va célébrer dans quelques jours le soixantième anniversaire de sa fondation; elle était heureuse, à cette occasion, de remettre à cinq de ses Fondateurs existant encore et à vingt-six Membres ayant cinquante ans et plus de sociétariat, une médaille commémorative: ce sera la fête de la grande famille des Ingénieurs Civils. Pourquoi faut-il qu'à la veille de cette fête, la mort vienne frapper un de ces anciens au moment où il allait recevoir un témoignage si

(1) Une délégation, formée de MM. Brüll et L. Appert, anciens Présidents, Ch. Compère, Président de la troisième section du Comité, J. Bergeron, Président de la quatrième section et G. Richard, ancien Président de cette section, A. Maury et Merklen, Membres des première et deuxième sections, G. Lumet, secrétaire technique de la troisième section, J. Armengaud jeune, Secrétaire de la Société pendant l'année de présidence de M. Farcot, E. Bourdon et A. de Dax, Secrétaire administratif, s'était rendue aux obsèques de M. Joseph Farcot, Président de 1879.

M. A. Brüll, ancien Président, après avoir présenté ses Collègues à MM. Paul et Augustin Farcot, a prononcé au nom de la Société l'allocution suivante :

« Messieurs et chers Collègues,

» M. Reumaux, Directeur général de la Société des Mines de Lens, Président de la » Société des Ingénieurs Civils de France, aurait voulu vous présenter les condoléances » de la Société, mais il est retenu hors de Paris par ses obligations professionnelles. Je » vous prie de l'excuser et d'agréer l'expression de ses vifs regrets.

» La Société nous a délégués, mes collègues et moi, pour vous témoigner la doulou- » reuse émotion qu'elle ressent de la perte cruelle du mécanicien émérite, de l'Ingénieur » éminent, de l'inventeur génial et fécond. Elle veut rendre hommage à son illustre » Président de 1879. Elle pleure avec vous la mort du Collègue estimé, du père de fa- » mille vénéré qui vous laisse l'exemple d'une longue vie de travail et d'honneur.

» Dans un instant, M. Compère dira devant vous, vos parents, vos amis et vos colla- » borateurs, les regrets et les hommages de la Société des Ingénieurs Civils de France.

touchant d'une longue carrière consacrée au travail? Joseph Farcot était, en effet, Membre de la Société depuis 1852, soit depuis cinquante-six ans et il était le doyen d'âge des Anciens Présidents existant encore.

Nous nous ferons un devoir de remettre à la famille de Joseph Farcot la médaille qui lui était réservée; elle prendra place dans les archives de travail de notre regretté ancien Président.

La mission qui m'a été confiée était d'autant plus facile à remplir que j'ai pu, par ma profession même, suivre plus régulièrement les travaux de notre éminent constructeur. Je ne veux rappeler ici que ce qui, dans sa carrière si brillamment remplie, a touché plus particulièrement à l'art de l'Ingénieur.

Joseph Farcot sortit, en 1845, de l'École Centrale des Arts et Manufactures, deuxième des Mécaniciens.

Dès sa sortie de l'École, son activité s'exerça dans toutes les branches de la construction mécanique; d'année en année, depuis ses premiers et si remarquables débuts, jusqu'au seuil de la vieillesse, ce fut une suite ininterrompue d'études et de créations dont un grand nombre firent époque et dont quelques-unes sont aujourd'hui devenues non seulement classiques, mais sont universellement appliquées comme des nécessités du progrès le plus moderne.

Parmi tous les types de moteurs si différents qu'il construisit, j'insisterai tout spécialement sur la machine à vapeur à quatre distributeurs cylindriques. Cette machine à vapeur fut importée en France par les Américains, lors de l'Exposition de 1867. Joseph Farcot fit alors, de plein jet, un type analogue, qui fut immédiatement au point sans addition, pour être économique, de vapeur surchauffée et d'expansion multiple. Ce type représente, depuis plus de trente ans, la machine la plus perfectionnée de l'industrie mondiale. En 1855, 1856 et 1858, il présenta à la Société ses premières notes sur des machines à vapeur de son système.

De même, ses générateurs de vapeur qui, les premiers, dès 1855, réalisèrent le foyer tubulaire amovible si répandu depuis, furent considérés comme un important progrès pratique et économique.

De même encore, ses études sur les régulateurs à isochronisme furent, pour ainsi dire, œuvre de précurseur et lui valurent, dès 1860, le prix spécial de la Société d'Encouragement, après une suite d'expériences officielles et sur le rapport de l'illustre



Tresca. En 1861, il présenta à la Société une nouvelle note sur ses régulateurs et en 1867 une étude sur les moteurs et les régulateurs à l'Exposition Universelle.

Appelé à étudier pour la Ville de Paris des machines élévatoires pour eaux propres d'abord, puis, plus tard, pour eaux d'égout, ce fut encore Joseph Farcot qui créa, en France, les solutions économiques de ces deux problèmes distincts si délicats tous deux. En 1896, M. Brüll, notre ancien Président, exposa à la Société un travail sur les pompes centrifuges Farcot de l'usine Khatatbeh, en Égypte.

Un autre problème, plus délicat et peut-être plus fécond encore par ses applications, lui fut posé, au moment où l'on sentait les prodromes de la guerre de 1870, par les Ingénieurs de la Marine française, anxieux de donner à notre flotte une sûreté de manœuvre que ne possédait alors aucune flotte étrangère. Il s'agissait de rendre maniables, précis et mathématiquement obéissants, les organes puissants et lourds fonctionnant à bord, depuis les machines motrices et leurs distributeurs jusqu'au gouvernail, et aussi jusqu'aux appareils d'artillerie, dont les mouvements étaient trop lents : tous ces organes étaient alors manœuvrés par tâtonnements et leur fonctionnement dépendait du hasard ou de l'exceptionnelle habileté de leurs conducteurs.

Joseph Farcot résolut brillamment ce problème par la géniale invention du « servo-moteur » ou « moteur asservi » ; il l'appliqua sous différentes formes et avec un succès complet dès 1868, puis, dans les années suivantes, à une échelle de plus en plus grande, et, aujourd'hui, aucune marine au monde ne songerait à s'en passer.

L'Institut de France reconnut, en 1875, l'importance de cette nouvelle création de Joseph Farcot en lui décernant son prix Plumey, d'une si haute valeur honorifique.

Enfin, les applications à la grosse artillerie, dérivées de celle du « servo-moteur », firent de Joseph Farcot, pendant plus de dix ans, le fournisseur exclusif de ces armes modernes pour la Marine française, affranchie ainsi par lui de la dépendance des fournisseurs étrangers où elle se trouvait alors.

Tant de travaux et tant de succès devaient donner à Farcot une situation exceptionnelle dans toutes les expositions.

En 1867, où la maison Farcot remporta le « Grand Prix pour mérite hors ligne », Joseph Farcot fut nommé Chevalier de Légion d'honneur.

En 1878, après de nouveaux succès, il fut promu Officier, et jusqu'en 1889, en 1900 et 1905, il eut la satisfaction de voir sa maison continuer les traditions de son père et les siennes et en recueillir les récompenses.

Mais l'un des honneurs qui le touchèrent au plus haut point, fut celui d'être élu par ses pairs, en 1879, comme Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, poste éminent où il devenait le successeur et le collègue des plus illustres représentants de la science industrielle française.

Cette distinction était, en effet, la sanction de ses travaux antérieurs et de ses succès à l'Exposition de 1878.

Il était véritablement à ce moment le représentant de la construction mécanique française. C'est alors que la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs l'a choisi comme Vice-Président honoraire.

C'est également à ce titre qu'il siégeait, depuis 1875, comme Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur dont j'ai l'honneur de faire partie. Je me fais ici l'interprète de mes Collègues dans cette Commission, pour joindre mon souvenir ému à celui de la Société des Ingénieurs Civils elle-même.

J'ajouterai, enfin, que Joseph Farcot fut, en 1874, avec Émile Muller, l'un des fondateurs de l'Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur que j'ai l'honneur de diriger. Cette institution n'est devenue si féconde qu'en restant dans la voie tracée par ses fondateurs, et c'est au nom des Membres fondateurs encore existants, MM. Bourdon, Feray et Poirrier, et au nom du Conseil d'administration de l'Association que j'adresse mes respectueuses sympathies à l'Ingénieur dont la perte frappe si cruellement la Mécanique française.

Enfin, au nom de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale, j'adresse aussi à Joseph Farcot un témoignage tout spécial d'affectueuse camaraderie.

Cette activité industrielle si féconde n'absorbait pourtant pas encore entièrement toutes les pensées de Joseph Farcot, et ses intimes savent sur quelle puissance de science historique et sur quelle haute philosophie il savait appuyer les convictions aussi éclairées qu'ardentes que lui avait transmises son vénéré Père. A vrai dire, le culte de ce Père et le culte de ces convictions constituaient la base solide de sa vie tout entière, le lien caché qui donna à toutes les actions de cette longue vie un caractère rare d'unité et d'inflexible attachement au devoir.



DISCOURS PRONONCÉ AUX OBSÈQUES

DE

M. ALBERT GUÉTIN

DÉCÉDÉ AU CAIRE

PAR

M. A. CHELU-BEY

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS
DE FRANCE, EN ÉGYPTE

Messieurs,

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France dont j'ai l'honneur d'être, en égypte, le correspondant, en mon nom personnel et sous le coup de la plus profonde et de la plus douloureuse émotion, je viens adresser un dernier adieu à l'ami que nous pleurons tous aujourd'hui, à l'Ingénieur Albert Guétin.

Dirai-je ce qu'a été la carrière, si remplie, de l'homme de talent, de l'athlète que l'inexorable fatalité a fauché en pleine force, en pleine activité? Nul n'ignore, ici, combien fut considérable son œuvre dont les manifestations sont semées sur tous les points de la Vallée du Nil, du Delta et du littoral de la Mer Rouge. Elles y témoignent hautement de l'action du génie civil français dont il fut une des émanations les plus autorisées et les plus distinguées.

Je compléterai ce résumé forcément succinct d'une belle, mais trop courte existence, par un juste hommage rendu aux vertus familiales, aux éminentes qualités morales, qu'avec l'élévation du caractère et la science, Albert Guétin possédait à un suprême degré. Ardent patriote, savant ingénieur, c'était aussi un incomparable ami. Chef d'une grande industrie, il était adoré de son personnel qui avait pour lui un dévouement absolu. Sa charité, toujours discrète, fut inépuisable, et longue est la liste de ceux vers qui se tendit constamment sa main. L'unanimité des regrets

que soulève sa disparition témoigne hautement de l'affection et de la considération dont était entouré cet homme de bien.

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, au nom de nos amis qui sont toute la colonie française, toute la colonie européenne d'Égypte, adieu, Albert Guétin, adieu.

DISCOURS

PRONONCÉ PAR

M. Joseph CATTAUÏ-BEY

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Messieurs,

Au nom de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale, je viens adresser un adieu suprême à notre pauvre camarade si brusquement enlevé à l'affection des siens. Pour la seconde fois cette année, la mort impitoyable frappe dans ses plus chères espérances le groupe d'Egypte des anciens élèves de l'Ecole Centrale. Ce sont les plus forts et les mieux doués qui disparaissent ainsi à la fleur de l'âge. Il y a quelques semaines à peine, c'était Raoul Maggiar. Aujourd'hui c'est Albert Guétin. Nous n'avons qu'à nous incliner devant ces décrets de la destinée et à les accepter avec résignation.

Celui que nous pleurons a été par excellence l'homme d'action. Sa vie intellectuelle et morale a été remplie par trois pensées : l'attachement à sa chère Ecole Centrale, l'amour de son foyer et la passion de son travail. Chacun de vous, petit ou grand, jeune ou vieux, a été à même d'apprécier l'affectueuse sollicitude qu'il était toujours certain de trouver chez lui. Quant à son travail, il faudrait, pour en parler même simplement, faire l'historique de cette collaboration féconde qui, sous le nom de Guétin et Charvaut, a donné le jour à tant d'œuvres admirées de tous. Son associé, j'allais dire son frère d'armes, Charvaut, qui a eu la triste consolation d'arriver à temps pour fermer les yeux de l'ami perdu, pourra dire à ses enfants ce que furent la persévé-

rance et la puissance de son activité, la sûreté et l'étendue de sa science, la droiture et la fermeté de son caractère. Quant à moi, je n'essaierai pas de retracer ici cette carrière si vite brisée et pourtant déjà si longue. Elle se résume en deux mots : Travail et Probité.

Que la famille éplorée de ce vaillant, qui a été en même temps une conscience, reçoive l'expression émue de notre profonde douleur.

Adieu, mon pauvre Guétin, adieu au nom des tiens qui pleurent en toi un fils respectueux, un époux bien-aimé, un père dévoué, adieu au nom de tes camarades parmi lesquels ton souvenir vivra pour servir d'exemple à leurs cadets, adieu au nom de tes amis que tu laisses dans la désolation, adieu enfin au nom de tous ceux que tu as obligés et secourus. Que la terre te soit légère !

CHRONIQUE

N° 339

Sommaire. — Navires à turbines dans la Méditerranée. — Le développement du Soudan. — Le chemin de fer Central de Buenos-Aires. — Destruction mécanique de la végétation sur les chemins de fer. — Les travaux du canal de Panama. — L'exploitation de la houille en Chine.

Navires à turbines dans la Méditerranée. — Une Société de navigation, dite Egyptian Mail Steamship Company, a installé à la fin de l'année dernière un service rapide pour voyageurs, entre Marseille et Alexandrie, dans des conditions remarquables de confort et de vitesse.

Ce service s'effectue au moyen de paquebots à turbines construits par les chantiers de Fairfield, à Glasgow. Ces paquebots qui portent le nom de *Heliopolis* et *Cairo* ont les dimensions suivantes :

Longueur totale	m	166,22
Largeur.	m	18,37
Creux.	m	11,60
Tonnage (gross)	tx	12000
Puissance estimée.	ch	18800
Vitesse moyenne pendant un essai de douze heures.	nœuds	20,60

La coque est divisée en dix compartiments par des cloisons étanches, et il règne d'un bout à l'autre un double fond cellulaire. Il y a sept ponts. Les installations sont faites sur le modèle des plus récentes adoptées dans les services transatlantiques. Elles sont destinées à recevoir 710 passagers de première classe et 290 de seconde; il n'y a pas de troisième classe. Une particularité de la construction est l'immense étendue de promenade réservée aux voyageurs sur trois ponts différents.

Le chauffage et la ventilation ont été l'objet d'une attention spéciale. On a disposé une installation d'extinction d'incendie au moyen du système Clayton employant l'acide sulfureux.

Ces navires sont remarquables par l'absence de vibrations et la douceur de leurs mouvements. Le tangage et le roulis se font à peine sentir dans les cabines et on constate qu'avec une mer assez forte pour obliger à réduire la vitesse du paquebot à 10 nœuds, sous peine de risquer des avaries à l'avant, les passagers pouvaient dîner tranquillement dans les salles à manger, sans voir renverser leur potage ou leur vin. Les superstructures très élevées nécessitées par l'installation de nombreuses cabines sur les ponts supérieurs pouvaient faire craindre

que les navires ne fussent très chargés par le haut, mais l'expérience a été favorable au point de vue de la stabilité; le seul inconvénient de ces superstructures est de présenter une certaine augmentation de résistance à la marche avec fort vent debout. Ces paquebots ont une période de roulis d'environ vingt secondes, ce qui est exceptionnel pour des navires de cette longueur. La régularité de leur marche ainsi que le confortable des installations les feront très rechercher par les classes de voyageurs qu'attire de plus en plus le climat de l'Égypte mais pour lesquelles une traversée pénible et relativement longue était une grosse objection.

L'appareil moteur se compose de trois turbines Parsons, dont chacune actionne une hélice à trois ailes en bronze au manganèse.

La turbine centrale est à haute pression et les turbines latérales sont à basse pression, les turbines de marche en arrière sont disposées sur les arbres des turbines latérales.

La vapeur est fournie par huit chaudières cylindriques tubulaires, dont quatre à double et quatre à simple façade.

L'Heliopolis, avant sa mise en service, a été soumis à des essais très prolongés, qui ont donné une vitesse moyenne de 20,5 nœuds. Pendant sa traversée entre la Clyde et Plymouth, il a réalisé pendant trois heures une vitesse de 21,9 nœuds. Il a franchi la distance de Plymouth à Marseille en 95 heures 1/2 ce qui constitue un record; son premier voyage de Marseille à Alexandrie a été accompli en 72 heures 1/2 et le voyage de retour a permis de constater que dans des conditions atmosphériques favorables ce temps pourrait encore être réduit.

La pleine puissance qu'on évalue à 18000 ch correspond à 370 tours d'hélice par minute. On a fait une série d'essais progressifs à 200 tours, on a eu 12,2 nœuds; à 261 tours, 15,42 nœuds; à 314 tours, 18,16 nœuds; à 346 tours, 19,73 nœuds, et enfin à 372 tours, 20,75 nœuds. *L'Heliopolis*, à un tirant d'eau de 6,55 m, a fait 20,53 nœuds avec 366,3 tours d'hélice, tandis que le *Cairo*, au tirant d'eau de 6,71 m a donné 20,6 nœuds avec 372,5 tours d'hélice par minute. Ce dernier paquebot a terminé ses essais à la fin de janvier et doit être actuellement entre en service.

Le développement du Soudan. — Un fait des plus importants pour le développement du Soudan vient de se produire du fait de la commande à la Cleveland Bridge and Engineering Company, de Darlington, d'un pont pour route et chemin de fer sur le Nil Bleu à Kartoum. On peut actuellement traverser le Soudan entier par voie ferrée à l'exception des 335 km qui séparent Assouan de Wadi-Alfa qu'on franchit en bateau à vapeur.

Le réseau de l'État égyptien s'étend d'Alexandrie au Caire, 211 km, et du Caire à Assouan 1 150 km, le tout à voie normale. Les lignes du gouvernement du Soudan, à l'écartement de 1,067 m vont de Wadi-Alfa à Halfaga en face de Kartoum et un important embranchement partant d'Atbara va rejoindre la mer Rouge à Port Soudan et Souakim sur un parcours de 488 km, tandis qu'un autre de 151 km part de la ligne principale dans la direction opposée pour aboutir à Kareima mettant

ainsi la province de Dongola en communication directe avec l'Égypte et la mer Rouge.

Comme on l'a vu, le réseau du gouvernement du Soudan se termine actuellement à Halfaga, sur la rive septentrionale du Nil Bleu et les voyageurs pour Kartoum doivent traverser le fleuve en bateau à vapeur; c'est cette lacune que le nouveau pont est appelé à combler; il aboutira à une gare créée au centre de la ville, près de la statue de Gordon. La voie existante sera déviée à un point situé à 800 m environ du terminus actuel de la ligne à Halfaga et se dirigera sur l'emplacement du nouveau pont qui franchira le fleuve large de 518 m pour aboutir entre les casernes et le collège de Gordon.

Le pont se composera de sept travées égales, de 66,65 m de portée, de quatre travées d'approche de 12 à 32 m et d'une travée mobile de 34,07 m. Le tablier portera une voie de 1,067 m, une chaussée de 6,40 m de largeur et un trottoir de 3,35 m posé à l'extérieur sur des consoles. Ce tablier sera porté par deux poutres bowstring d'une hauteur de 10,30 m au milieu, entretoisées à la partie supérieure. Ces poutres sont distantes de centre en centre de 11,65 m. Les piles seront formées de tubes en acier de 4,85 m de diamètre à la base et de 3,35 m à la partie supérieure descendue à une profondeur moyenne de 18,30 m au-dessous du niveau des basses eaux.

La travée mobile comprend une portée en porte à faux de 34,15 m et une en arrière de 8,50 m servant à porter le contrepoids. Cette dernière est cintrée suivant un rayon de 7,50 m et comprend entre ses deux poutres une caisse contenant le contrepoids en béton pesant environ 550 t; la partie cintrée roule sur les poutres droites du pont avec engrenage de dents en saillie pour éviter tout glissement. Cette travée mobile se trouve à l'extrémité nord du pont; elle est munie d'une plate-forme portant les moteurs et les mécanismes de levée du pont, mécanismes qui consistent essentiellement en pignons engrenant avec des crémaillères attachées à la partie mobile: des verrous maintiennent celles-ci en place lorsque le pont est fermé.

Le contrepoids est arrangé de manière à équilibrer entièrement le poids de la poutre mobile lorsque celle-ci fait un angle de 40 degrés avec l'horizontale.

Chaque travée pèsera environ 500 t, de sorte qu'avec les piles métalliques, le poids total de l'ouvrage atteindra 5 000 t. Une partie des pièces ont déjà été expédiées de Darlington à Port Soudan et on espère avoir terminé l'ouvrage en deux années. Ce sera le pont le plus important qui ait encore été établi sur le continent africain. Les conséquences de ce travail sont beaucoup plus considérables que l'on se figure à première vue.

En effet, non seulement il est destiné à mettre Kartoum en communication directe par voie ferrée avec l'Égypte, et à rendre possible le développement vers le sud du réseau ferré du gouvernement du Soudan, mais il constitue un premier pas pour l'exécution du vaste projet de sir William Garstin, auquel il a été fait allusion dans le rapport de lord Cromer au Foreign Office, en date du 3 mars 1907. Ce projet, consiste à irriguer la région de Ghezireh, après la crue du Nil, c'est-à-dire d'oc-

tobre à mars, au moyen d'un canal dont l'établissement implique la construction d'un barrage sur le Nil Bleu. Ces travaux ne coûteront pas moins de 75 millions de francs, dont on doit admettre que les améliorations obtenues couvriront largement l'intérêt. Il faudra deux ou trois ans pour les exécuter, mais il serait impossible de les entreprendre avant qu'une voie ferrée ait été réalisée pour relier la province de Ghezireh aux lignes actuelles et cette voie ferrée ne peut être commencée avant l'achèvement du pont sur le Nil à Halfaga.

Le pont de Kartoum, situé à 2 157 km du Caire, avec le pont désormais historique, construit il y a deux ans et demi, sur le Zambèze, à 2 645 km au nord de la ville du Cap forment deux anneaux essentiels de la chaine formée par le grand projet de Cecil Rhodes, le chemin de fer du Cap au Caire. Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que les deux ponts auront été faits par les mêmes ateliers de construction et sous la direction du même Ingénieur, M. G. C. Imbault, de Darlington.

Le Chemin de fer Central de Buenos-Aires. — Cette ligne, dite en espagnol Ferro Carril Central de Buenos-Aires et, par abrégé, F. C. C. B. A., est à la voie de 1,435 et s'étend à l'ouest et au nord-ouest dans la province de Buenos-Aires, en partant de la station de Chacarita dans la ville de Buenos-Aires jusqu'à celle de Salto, sur une distance de 174 km avec un embranchement de 44 km qui aboutit à Zarate, localité située sur le Parana, et un autre de 7 km de Lynch au faubourg de San-Martin. Cette ligne traverse une des parties les plus fertiles de l'Argentine.

L'histoire de ce chemin de fer peut être considérée comme un cas unique en ce qu'il fut d'abord établi comme prolongement d'un tramway à traction animale au moyen des excédents de recette de celui-ci et fut exploité par le même mode de traction pour le service des voyageurs et des marchandises sur un parcours considérable au milieu de contrées à peine civilisées. En 1884. Don Frederico Lacroze qui établit les premiers tramways à chevaux dans les rues de Buenos-Aires obtint une concession pour l'établissement du « Rural Tramway » partant de Chacarita à l'extrémité de son réseau urbain. Il faut remarquer à ce propos que, dans la province de Buenos-Aires, il est plus économique de faire un chemin de fer qu'une bonne route ; aussi M. Lacroze saisit-il l'occasion d'établir un moyen de transport plus rapide et plus économique que les moyens existants dans des districts agricoles vastes, fertiles, et se développant rapidement.

La construction se fit aussi vite que les recettes du réseau urbain le permirent. De 1885 à 1892, on construisit 97 km de ligne principale, les 3 km de l'embranchement de San Martin et les 44 de celui de Zarate, total 144 km. De 1892 à 1895, la ligne principale eut sa longueur étendue à 133 km et, dès 1897, le réseau actuel de 221 km de développement etait entièrement en exploitation.

Le mode de construction était d'ailleurs peu coûteux ; les rails pesaient 15 km par mètre courant ; ils étaient posés sur des traverses en sapin créosoté de 2 m de longueur et les ponts étaient en bois. On évitait au-

tant que possible les travaux de terrassement, en posant à peu près partout la voie sur le sol même.

Il parut évident, dès 1891, qu'il serait nécessaire d'introduire la traction à vapeur pour satisfaire les nécessités du trafic. On acheta en conséquence huit locomotives-tender de 16 t à la maison Porter de Pittsburgh, et on renforça les ponts pour permettre leur passage.

Le trafic desservi par ces machines auxquelles furent ajoutées en 1896, trois autres de 18 t, destinées spécialement au service des voyageurs, amena des recettes qui permirent des améliorations nombreuses parmi lesquelles l'adoucissement des déclivités, le développement du matériel roulant, la construction d'une belle gare à Chacarita, d'une gare à marchandises près de la Plaza Once au centre de la ville de Buenos-Aires, la réfection de 50 km de ligne avec des rails de 25 kg et un prolongement de 47 km de Salto à Rojas.

Le F. C. C. B. A. est actuellement dans la période de transition entre une ligne secondaire et un grand chemin de fer. Cette transformation a été signalée en juillet 1906 par l'apport de la ligne par MM. Lacroze frères et Cie à une Société dite Ferro Carril Central de Buenos-Aires; le nom primitif de Tramway Rural à Vapeur ayant disparu.

La période de transition, phase inévitable du développement d'une entreprise aussi prospère, a été amenée, en quelque sorte, par un arrangement passé avec le Chemin de fer d'Entre-Rios. Cette dernière ligne, établie en 1883 comme chemin de fer provincial, appartient maintenant à une Compagnie anglaise qui exploite environ 770 km de ligne à voie normale de 1,435 m, elle n'a jamais été qu'une voie ferrée d'intérêt local, tout à fait séparée de Buenos-Aires et des provinces de ce nom et de Santa-Fe par le Parana, lequel interpose non seulement la largeur considérable de son cours mais aussi son immense delta, qui n'a pas moins de 50 à 60 km d'étendue, comme une barrière infranchissable séparant les parties ouest et sud-ouest de la province d'Entre-Rios. De même, la partie nord du chemin de fer d'Entre-Rios, la ligne de l'Est Argentin, 160 km, et le Nord-Est Argentin, 650 km, tous à voie normale, sont entièrement séparés des riches provinces du centre de la République.

Un prolongement est également en construction de Santo-Tomé, extrémité nord-est du N.-E. Argentin, à Posadas où, par l'emploi d'un transbordeur sur le Haut Parana, à Villa-Encarnacion, il se reliera aux 400 km du Paraguay Central qui est au même écartement de voie.

On voit qu'il existe ainsi un réseau de chemins de fer en exploitation fructueuse, et d'une étendue de 2 250 km qui attend des moyens d'accès à la province et à la ville de Buenos-Aires. En présence de circonstances de cette nature, le chemin de fer d'Entre-Rios a fait un accord avec le Ferro Carril Central de Buenos-Aires, accord par lequel le premier amènera ses trains à Zarate pour que le second les conduise à Buenos-Aires.

On a entrepris des travaux importants pour la réalisation de ce programme, travaux qui sont en bonne voie d'exécution. Le chemin de fer d'Entre-Rios étend ses lignes jusqu'à Ibimi situé sur le delta du Parana en face de Zarate; on construit dans cette localité un pont et un embar-

cadère pour le ferry-boat; de même à Zarate, entre ces deux points, naviguera un bateau transbordeur pouvant porter trente wagons à marchandises. Ce bateau a été construit en Écosse et est venu en Argentine par ses propres moyens.

Du débarcadère du ferry-boat à Zarate, le chemin de fer d'Entre-Rios établit une voie de raccordement avec le F. C. C. B. A. Celui-ci reconstruit sa voie entre Buenos-Aires et Zarate sur 101 km avec des rails de 35 kg et des traverses en bois sur de grandes dimensions et très rapprochées, de manière à obtenir une voie de première solidité.

Comme conséquence de ce plan général de reconstruction et aussi de la récente électrification des tramways urbains. le F. C. C. B. A. reconstruit le petit embranchement du faubourg de San-Martin dont nous avons parlé plus haut et équipe électriquement la ligne entière entre San-Martin et la station terminus de Chacarita (environ 11 km à double voie); cette ligne doit être exploitée par la Compagnie des Tramways.

Par un contrat de cette Compagnie, en date du 29 mars 1906, elle aura droit de circulation entre la station de Chacarita, la gare aux marchandises d'Once et le Mercado de Abasto Proveedor, marché qui est le Covent Garden de Buenos-Aires. Les travaux, confiés à la maison J. G White et C[ie] comprennent la pose de 160 km environ de voie en rails de 35 kg du type Vignole et de voies de garage plus légères, avec les quais et hangars nécessaires. Il y a quelques ponts dont un de 60 m en trois travées une de 40 m et deux de 10 m.

Les ateliers de réparation de Lynch à mi-chemin à peu près entre Chacarita et San-Martin sont en reconstruction complète et seront munis d'un outillage moderne. Ils comprennent un atelier d'ajustage et de montage, une forge, une fonderie, des ateliers de menuiserie et de peinture. On a construit aussi des magasins et tout ce qui est nécessaire au sérvice du matériel, remises, etc.

Le F. C. C. B. A. vient de recevoir du Congrès National une concession pour un prolongement de 300 km environ de Rojas à Villa-Maria et vient de demander l'autorisation d'établir un port à Zarate.

Nous extrayons ce qui précède de l'*Engineering Review*.

Destruction mécanique de la végétation sur les voies de chemins de fer. — On a recours avec succès aux États-Unis à des machines pour brûler les herbes sur les chemins de fer, surtout dans les endroits où la végétation a une croissance très rapide et aussi sur les lignes où on ne dispose pas d'un personnel suffisant. On emploie généralement un combustible minéral et l'appareil est poussé par une locomotive.

On a récemment essayé de rendre cet appareil automobile en se servant de l'huile pour en actionner le moteur et on a obtenu de très bons résultats. Ces machines sont construites par la Commonwealth Steel Company, à Saint-Louis, voici quelques indications sur la disposition employée.

La construction est entièrement métallique; elle comprend un châssis en acier coulé supportant le moteur et le plancher portant le personnel, ce châssis repose sur deux paires de roues auxquelles le moteur trans-

met le mouvement avec deux vitesses, ainsi, le moteur tournant toujours à 350 tours par minute, l'appareil peut se déplacer à raison de 6,4 km à l'heure ou de 32. La plus faible vitesse s'emploie lorsqu'on brûle les herbes et la plus grande lorsque la machine se rend sur le lieu du travail ou en revient.

Le moteur jouit d'ailleurs d'une certaine élasticité et on peut brûler les herbes à des vitesses de 3,2 à 10 km et circuler à des vitesses de 40 à 42 km. On peut faire remarquer ici que le fait que la machine se déplace par elle-même, au lieu d'être remorquée, lui assure une indépendance très utile et réduit très notablement les dépenses de service.

On emploie comme combustible de la gazoline de médiocre qualité. On obtient une chaleur considérable en disposant les brûleurs sous des plates-formes en fonte faisant saillie à l'avant de la machine, qui concentrent le calorique et le renvoient sur le sol et les herbes à brûler. Ces plates-formes contiennent les tubes qui amènent la gazoline aux brûleurs et le liquide en y circulant se vaporise avant d'arriver aux organes de combustion et se mélange à l'entrée de ceux-ci avec une proportion convenable d'air.

La plate-forme dont nous parlons est en trois parties; les deux extérieures sont assemblées à charnière avec celle du milieu et peuvent se relever à volonté pour suivre le profil en travers de la voie.

La vaporisation de la gazoline dans les tuyaux adducteurs produit assez de pression pour donner une forte flamme de sorte que l'air comprimé ne sert que pour chasser le liquide du réservoir où il est contenu. Chaque machine porte trois réservoirs dont la capacité est suffisante pour le travail d'une journée. Le nombre des brûleurs est de 75 et la plate-forme qui les porte est disposée pour brûler sur une largeur de 4,20 m. On fait le travail sur 32 km de longueur par jour.

La machine fait le travail plus économiquement que la main-d'œuvre ne pourrait le faire et de plus elle peut le faire en tout temps et notamment en été qui est la saison la plus favorable et où les ouvriers ne sont pas disponibles pour ce travail, étant occupés au service courant de la voie.

Il faut trois hommes par machine : un mécanicien, un conducteur et un aide. Tous les organes de manœuvre sont groupés à la portée du mécanicien qui est protégé par un abri contre la chaleur. La machine est munie d'un frein à air et d'un sifflet ; un seul appareil suffit pour détruire la végétation sur une section de 1 000 km.

On fait, en général, l'opération en deux passages, ce qu'on a trouvé par expérience être plus économique. Cela tient à ce que les herbes contiennent une forte proportion d'eau ; pour les détruire en une seule passe il faudrait que la chaleur fut appliquée assez longtemps pour évaporer l'eau et ensuite brûler la plante, tandis que la première passe dessèche la plante et que la seconde la détruit. Avec le premier système, l'opération serait trop lente et on brûlerait beaucoup de combustible ; de plus si la végétation n'est pas suffisamment désséchée, non seulement elle ne brûle pas, mais encore elle reprend vie au bout de peu de temps avec l'humidité.

L'Union Pacific Rail Road a employé dans la saison dernière deux de

ces machines, l'une sur la division de Nebraska, l'autre sur celle du Kansas. La seconde a nettoyé 214 km de voie en consommant 6000 l en nombre rond de gazoline ; ce qui donne une moyenne de 28 l par km pour chaque passage. Mais il est plus prudent de compter sur 40 l en pratique. Dans ces conditions le prix de revient de la destruction de la végétation s'établit comme suit :

40 l de gazoline à 66 degrés à 0,15 f		6,00 f
Mécanicien par jour	17,50	
Conducteur —	20,00	
Aide —	12,50	
Graissage et réparations	12,50	
pour 40 km	62,50	
Soit par kilomètre		1,56 f
		7,56 f

Ce total s'applique à une seule passe ; pour deux, ce qui est préférable, il faudrait donc compter 15,12 f.

Les travaux du canal de Panama. — D'après les journaux des Etats-Unis, les progrès faits dans l'année 1907 par les travaux du canal de Panama confirment entièrement la déclaration du secrétaire Taft et du colonel Goethals portant que le canal serait achevé dans six ans.

Dans les derniers douze mois, il a été excavé sur le tracé du canal un cube total de 12841000 m³, soit une moyenne de 1070000 m³ par mois. Sur ce total, 8426000 m³ ont été enlevés à l'excavateur et 3700000 m³ à la drague. Les résultats les plus importants ont, naturellement, été obtenus dans la division de la Culebra, où on a extrait un cube de plus de 6900000 m³, soit plus des trois quarts du total.

D'après les chiffres donnés dans le rapport officiel, lorsque les Américains ont pris possession du canal en mai 1904, il restait à enlever, rien que dans la division de la Culebra, 43700000 m³ pour le creusement du canal proprement dit. A la fin de 1907, il avait été extrait sur ce cube 9600000 m³, il en resterait donc encore environ 34 millions, ce qui, au taux de l'année dernière, représente cinq ans de travail.

Le total de l'excavation, tant à sec que sous l'eau, exécuté depuis la prise de possession des Américains, s'élève à 17433000 m³, et on peut admettre que ce cube n'a été fait que depuis le 1er janvier 1906, date où on a commencé réellement à travailler. Le cube extrait par la Compagnie française du Canal de Panama pendant dix ans était de 62500000 m³.

Le cube extrait a constamment augmenté depuis la reprise des travaux et on a, en décembre dernier, atteint pour la première fois le chiffre de 1685200 m³ pour un mois.

On doit admettre maintenant que le facteur essentiel pour la date d'achèvement du canal n'est plus le percement de la Culebra mais les importants et difficiles travaux du barrage de Gatan et des écluses.

L'exploitation de la houille en Chine. — Un rapport de sir Alexander Hosie, attaché commercial à la légation britannique à Pékin, donne d'intéressants renseignements sur les houillères chinoises.

On sait peu de choses sur l'exploitation des mines de Fushan et de Yen-t'ai en Mandchourie concédées par le Japon à la South Manchurian Railway Company ; le fait qu'il n'arrive pas de charbon provenant de ces mines à Newchwang semble indiquer que le chemin de fer et les besoins locaux absorbent toute la production. Il est probable que celle-ci se développera considérablement car ce charbon est d'excellente qualité.

Sir Alexander Hosie mentionne une mine appelée Ching-Ching, parce qu'elle se trouve dans le district de ce nom de la province de Shansi et qui fournit de combustible le chemin de fer de Cheng-T'ai ; ce charbon est également très recherché pour le chauffage domestique. On le transforme aussi en coke à la mine et ce coke est envoyé à Tientsin pour être employé dans les ateliers monétaires qui s'y trouvent.

La production des trois mines de la Chinese Engineering and Mining Company dans le district de Kai-Ping au nord-est de Tientsin s'est élevée en 1906 à 958 675 t contre 851 523 en 1905. Ces mines fournissent le chemin de fer du nord, les steamers, la consommation locale dans une partie de la Mandchourie et du nord de la Chine jusqu'au Yangtsze. La production suffit à peine à la demande. Un embranchement de 18 km, partant de la station de Kao-yi sur la ligne ferrée de Ching-Han aboutit aux mines de Lin-Cheng qui sont exploitées sous une direction européenne. Ces mines alimentent le chemin de fer de Ching-Han ainsi que la consommation locale et quelques marchés voisins.

En 1905, la mine de Pai-shan, dans la province de Honan, appartenant au syndicat de Pékin, fut noyée après qu'on eut abordé une couche de 4,30 m et il fut nécessaire de faire venir d'Angleterre des appareils d'épuisement supplémentaires. On a trouvé ensuite que le charbon de cette couche était trop friable pour être employé utilement ; on a heusement trouvé plus bas une autre couche de 3 m d'épaisseur, dont le charbon est de bonne qualité.

Aux mines de Fang-tzu, dans la province de Shantung, la Shantung Mining Company a extrait dans l'année 1906, 163 233 t de houille contre 134 000 en 1905. La production de la mine de Poshan, de juillet 1906, début de l'exploitation, jusqu'à fin décembre de la même année, a été de 7 136 t. La mine de Fang-tzu a produit 23 000 t en 1906 ; on y a adjoint récemment une installation de lavage et une fabrique de briquettes. Le Commissaire des Douanes de Kiaochou dit, dans un rapport, que l'installation de lavage de la mine de Fang-tzu, qui a une capacité de 150 t à l'heure, est le seul établissement de ce genre dans l'Extrême-Orient. Il y en a cependant d'autres en Chine d'après un rapport du Commissaire des Douanes de Chungshu qui donne des renseignements détaillés sur les mines de Ping-hsiang, dans la province de Kiangsi, dont l'exploitation, comme celle des mines de Shantang, et dirigée par des Allemands ; ce rapport dit qu'il existe dans ce district des centaines de mines de charbon toutes exploitées dans les conditions les plus primitives et les plus défectueuses. Mais il doit être fait exception en faveur des mines de Ping-hsiang, situées dans le Kiangsi, à la frontière même

du Hunan et reliées à la rivière Siang par un chemin de fer d'une centaine de kilomètres. Il y a en moyenne quatre trains portant 800 t de charbon et de coke; de plus chaque train comprend trois wagons à voyageurs généralement bien occupés. Ces mines ont été ouvertes en 1898 dans le but de fournir du combustible aux forges et aciéries de Hangang qui, sous une habile direction allemande, se sont considérablement développées dans ces dernières années. Les mines sont installées pour produire 1 500 t de houille par jour et on espère arriver plus tard à 3 000 t si les forges se développent comme on est en droit de l'espérer. Actuellement l'extraction est de 1 000 t environ dont la plus grande partie est convertie en coke; le reste, soit 200 t à peu près est criblé et lavé pour être livré au commerce. Le coke provenant de menus lavés est de bonne qualité et très bon pour l'emploi dans les hauts fourneaux, tandis que le charbon est excellent pour la production de la vapeur, comme l'ont montré les essais faits sur des canonnières anglaises et allemandes.

Les mines dont nous nous occupons sont desservies par une galerie et un puits, la galerie principale a été poussée à 900 m pour atteindre la première couche de houille; le traînage est opéré par des locomotives électriques. Le puits, de 4,50 m de diamètre a une profondeur de 115 m; le premier étage est à 50 m de profondeur et le second à 100 m. Un puits auxiliaire descend seulement jusqu'au premier étage. On estime que le gisement contenu dans cette partie du bassin de Ping-hsiang qui, appartient à la Ping-hsiang Coal Mining Company, renferme environ 300 millions de tonnes de houille dont une grande partie peut être extraite par la galerie et on est porté à admettre qu'un puits poussé à 200 m suffira pour extraire la totalité. En dehors des installations de la mine proprement dite, on trouve à la surface des ateliers de criblage et de lavage, 174 fours à coke, une briqueterie pour produits réfractaires, une fabrique de briquettes un atelier de construction et une fonderie.

A Chuchow, le charbon et le coke sont chargés dans des bateaux appartenant à la Compagnie qui descendent la rivière sur 450 km jusqu'à Hangang, avec des remorqueurs. Des jonques à voiles en transportent aussi. On s'occupe en ce moment de prolonger le chemin de fer de Chuchow jusqu'à un point situé à 32 km au-dessus de Changsha, ce qui aurait l'avantage de supprimer le parcours d'un long coude et de nombreuses difficultés que présente la rivière. La Compagnie est aussi en train de développer sa flottille de bateaux et de remorqueurs à faible tirant d'eau déjà très importante; il est même question d'installer un touage. L'énergie et les méthodes scientifiques avec lesquelles cette entreprise a procédé tant pour l'exploitation minière que pour les transports lui ont permis d'arriver, malgré d'énormes difficultés, au plus brillant succès; cet exemple d'importation des procédés européens dans un pays primitif fait le plus grand honneur à ceux qui l'ont réalisé.

La dernière mine dont parle le rapport de Sir Alexander Hosie est celle qui est, ou plutôt qui va être exploitée, par la Kiangpei Coal and Iron Company, dans la province de Isuchuan. On a perdu beaucoup de temps pour les formalités et travaux préliminaires, mais une mine importante à proximité du port de Chang-King, qui avait déjà été exploitée par un ingénieur anglais associé avec des Chinois, a été acquise

par la Compagnie, le matériel nécessaire a été commandé et doit être livré au commencement de 1908 et, lorsque le chemin de fer à voie étroite allant de la mine à la plus prochaine voie navigable, chemin de fer concédé à l'entreprise, sera ouvert, il est tout probable que la production de cette mine, une des meilleures de la Chine, trouvera un important débouché, car ce charbon est connu depuis longtemps et il n'y a qu'à développer l'extraction par des méthodes scientifiques. Ce qui précède est reproduit de l'*Iron and Coal Trades Review.*

Nous croyons intéressant de la faire suivre d'un relevé de la production du charbon en Chine, dressé par M. N. F. Drake, professeur à l'Université impériale de Tien-Tsin, ce relevé concerne l'année 1906. Nous le trouvons dans la *Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie :*

Provinces.	Production en tonnes. des houillères européennes.	des houillères chinoises.	TOTAL.
Fing-Tien	100 000	150 000	250 000
Chili	1 200 000	1 000 000	2 200 000
Shansi	»	3 000 000	3 000 000
Shensi	»	500 000	500 000
Kansu	»	500 000	500 000
Shun Tung	300 000	500 000	800 000
Houan	100 000	700 000	800 000
Szetchuen	»	100 000	100 000
Che Kiang.	»	10 000	10 000
Kiangsi.	130 000	50 000	18 000
Hunan	»	200 000	200 000
Kwangtung	»	50 000	50 000
Kiangsi.	»	100 000	100 000
Autres provinces. . .	»	200 000	200 000
	1 830 000	7 060 000	8 890 000

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1908.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur un **frappeur pneumatique** de M. Baril.

L'inventeur s'est proposé d'éviter les défauts présentés par certains types de frappeurs pneumatiques, il est arrivé à une construction très simple qui ne présente pas de conduits coudés. La mise en action qui se fait par la simple poussée de la poignée est une caractéristique heureuse du système; comme cette poussée est de toute manière nécessaire pour maintenir l'outil sur lequel frappe le marteau, il est logique de l'utiliser pour produire, en outre, la marche de l'appareil. On supprime ainsi la soupape d'admission de l'air avec sa gâchette de commande. L'opérateur n'a plus à maintenir le doigt appuyé sur cette gâchette, enfin la projection de l'outil par une mise en marche intempestive n'est plus à craindre.

M. Baril a fait une installation d'essai avec enregistrement pour déterminer le travail du choc, le nombre de coups frappés par seconde et la dépense d'air comprimé. On a trouvé ainsi une moyennne de 904 coups en 60 secondes avec une consommation de 0,0774 l d'air par coup. On a trouvé aussi, par des expériences spéciales, que chaque coup du frappeur produisait un effet équivalent à la chute d'un mouton de 15 kg tombant d'une hauteur de 0,27 m.

Avec ce frappeur, on peut enlever au burin 8 à 12 kg de copeaux d'acier à l'heure.

Rapport de M. A. Livache sur **l'ensemble des publications** de M. Fritsch.

L'épuration biologique intensive des eaux d'égout. — La comparaison avec le procédé de l'épandage. par M. B. Bezault, Ingénieur sanitaire.

L'auteur défend l'épuration biologique contre les critiques que M. Vincey a formulées contre elle dans une communication précédente où il a prôné l'épandage agricole; ces critiques sont en partie basées sur des erreurs de principes et de faits. Après avoir exposé les avantages et les inconvénients de chacun des deux procédés, il insiste sur la diffi-

culté qu'il y a, avec le système de l'épandage qui exige des surfaces énormes de terrain, de connaître la nature de la totalité de ces terrains, qui sont très rarement homogènes, et sur les dangers de contamination des nappes souterraines. On est aujourd'hui bien revenu sur les soi-disant avantages de l'épandage; en 1885, Durand Claye disait que les légumes cultivés sur les terrains d'épandage étaient recherchés aux Halles; aujourd'hui l'administration, aprés expérience, interdit la vente de ceux de ces légumes qui doivent être mangés crus.

La méthode d'épuration biologique intensive a l'avantage de permettre de calculer d'avance la dépense à laquelle on s'engage; on peut avoir la certitude de pouvoir épurer un volume donné et arriver approximativement à tel résultat et cela d'une façon régulière et continue.

Notices économiques. — Le Président Roosevelt et les trusts, par **M.** **Maurice** Alfassa.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous citerons parmi les questions traitées ici les suivantes : Sur la phosphorescence. — Sur les émulsions. — Rapports sur les développements de la chimie dans les quarante dernières années. — Le soufre de la Louisiane. — La récupération nitrique. — Fabrication des verres opaques. — Le cuivrage du verre. — Le charbon pulvérisé. — Dissolution de la formaldéhyde. — Tourbe, allumettes, papiers en Suède. — Industrie de la soie artificielle. — L'acide hydrofluosilicique en sucrerie et en distillerie. — Réduction électrolytique de l'indigo. — Sur le tannage au chrome, etc,

Notes de mécanique. — Fabrication et entretien des fraises. — Résistance des meules d'émeri et de carborundum et leur rendement économique. — Essais des métaux par flexions répétées. — Exploitation du nickel dans la Nouvelle-Calédonie.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e fascicule de 1907.

Effets destructeurs des grandes vitesses automobiles sur les empierrements. Remarques faites au circuit de la Sarthe, par M. Salle, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La circulation à grande vitesse des automobiles amène la production de poussière et la détérioration des chaussées. On peut admettre que l'effet destructeur croît très rapidement avec la vitesse. Si une circulation automobile un peu intense devait se généraliser sur les routes à

des vitesses considérables, la dépense d'entretien des routes serait augmentée dans des proportions incalculables et il serait nécessaire de recourir à un autre mode de revêtement que l'empierrement.

En ce qui concerne le goudronnage, si une faible quantité de goudron suffit pour supprimer momentanément la poussière, il faut, pour que l'opération conserve l'uni de la surface de la route et ne nuise pas à la solidité de celle-ci, en répandre une quantité beaucoup plus considérable dépassant 1 500 g par mètre carré. Dès lors le prix de revient ne saurait descendre au-dessous de 0,20 f par mètre carré.

Pont en acier et béton, sur le Guindy maritime, à Tréguier (ligne de Tréguier à Perros), par M. Harel de la Noë, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce pont se compose d'une travée unique de 88 m de portée dont les culées ont été assises sur le roc. Cette disposition a dû être adoptée à cause de la difficulté des fondations dans un lit à fond marneux. L'ouvrage, d'une disposition originale, se compose d'un arc de 51 m d'ouverture et 6,50 m de flèche articulé à la clé et aux naissances et buttant à celles-ci contre des avant-becs ayant chacun 17 m de saillie; ces avant-becs sont soutenus en dessous sur la moitié de leur portée par des consoles fixées aux culées. La disposition adoptée a, entre autres avantages, celui de soustraire l'arc aux effets de la dilatation.

Considérations théoriques sur **les jaugeages des cours d'eau à fond mobile,** par M. R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Élargissement du pont sur la Seine, à Corbeil au moyen d'encorbellements en ciment armé. Note sur les travaux et sur les dépenses effectuées, par M. Lorieux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le pont dont il s'agit, d'une longueur totale de 109 m entre culées, est en maçonnerie à cinq arches; la largeur de la chaussée était de 5,40 m et celle des trottoirs de 2,15 m. La circulation étant très active, on a dû se préoccuper de l'élargissement de cet ouvrage et on adopta le système par encorbellements en ciment armé. La nouvelle chaussée et les trottoirs mesurent ensemble 12,30 m et la largeur du pont n'étant que de 9,65 m, chaque trottoir forme encorbellement sur 1,325 m.

Ces trottoirs sont supportés par des consoles de 0,30 × 0,30 m espacées de 2 m d'axe en axe et portant sur toute la largeur du pont; elles supportent un hourdis en ciment armé de 0,12 m d'épaisseur. Chaque console contient comme armature six fers ronds de 25 mm de diamètre.

La dépense s'est élevée à 29 700 f, auxquels il faut ajouter 8 600 f de dépenses en régie pour restauration des corniches, réparation du garde-corps, etc., soit un total de 38 300 f.

Une expérience de trois années a consacré les bons résultats obtenus par ce procédé qui présente le double avantage d'être relativement peu coûteux et de ne pas nuire à l'aspect général des ouvrages en maçonnerie qu'on a besoin d'élargir.

Note sur **le piochage mécanique des empierrements**, par M. Bret, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'entretien des chaussées empierrées exige la préparation du sol appelé à recevoir la nouvelle couche d'empierrement. Le piochage à la main est une opération difficile et coûteuse, elle revient, avec les frais d'outils, à 0,20 f, à 0,40 f par mètre carré. Aussi a-t-on songé, depuis longtemps, à recourir au piochage mécanique dont il est fait usage courant en Angleterre, en Allemagne et en Autriche, tandis que ce système n'a été pratiqué encore en France qu'à titre d'essai. On s'est servi d'une machine anglaise (systéme Morrisson) on a obtenu un prix de revient de 1,5 centime par mètre carré.

Ce système consiste à fixer un appareil piocheur à l'arrière d'un rouleau à vapeur; cet appareil comporte trois pioches qui agissent sur la chaussée pour la désagréger, quand le rouleau se déplace; il pèse 1 275 kg.

Il existe d'autres machines. Elles peuvent se classer en trois catégories :

1° Les appareils fixés directement sur le rouleau à vapeur;

2° Les appareils remorqués par l'intermédiaire d'une chaîne;

3° Les appareils attelés directement derrière le cylindre.

Ces divers systèmes ont des avantages et des inconvénients. Ces appareils doivent être établis avec une grande solidité et la nature de l'acier des outils a une importance considérable. Il est incontestable que le piochage mécanique produit une économie de main-d'œuvre, de matériaux et de temps et la piocheuse est appelée à devenir le compagnon habituel et le complément du cylindre à vapeur.

Notice sur la **construction d'un réservoir en maçonnerie de 22 000 mètres cubes** destiné à l'alimentation de la ville de Dinan, par M. Dambert, Conducteur faisant fonction d'Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'alimentation d'eau de la ville de Dinan se fait par des captations dont le débit est très variable, aussi a-t-on dû, pour parer à ces variations, établir une réserve importante constituée pendant la période des eaux abondantes et consommée pendant la période d'étiage. Cette réserve est formée par un nouveau réservoir de 22 000 m³ qui, joint à deux anciens réservoirs de 16 000 et 6 000 m³, donne une capacité totale de 44 000 m³ suffisante pour alimenter Dinan pendant la période estivale.

Ce nouveau réservoir a la forme d'un tronc de cône à base circulaire renversée; la grande base supérieure a 60,90 m de diamètre et la base inférieure 58,80, la distance des deux bases est de 8,25 m. Il est creusé dans la roche granitique et les parois sont composées d'un mur de revêtement de 0,40 m d'épaisseur; un radier en béton remplissant les inégalités du rocher dur forme le fond du réservoir.

La couverture repose sur des murs évidés et se compose de voûtelettes en arc de cercle de 3,87 m d'ouverture et 0,54 m de flèche; deux tirants en acier, de 20 mm de diamètre sous-tendent ces arcs; ces voûtelettes

laissent entre elles un intervalle de 1,40 m qui est rempli par des dalles en béton armé.

Cette couverture est revenue à 9,72 f le mètre carré. La dépense totale du réservoir s'est élevée à 164 000 f, ce qui donne 7,62 f par mètre cube d'eau emmagasinée, terrain non compris, et, avec celui-ci, 8,35 f.

ANNALES DES MINES

9e livraison de 1908.

Note sur la **nouvelle loi des mines pour la Prusse** du 18 juin 1907, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des Mines.

La loi sur les mines de 1865 refondait entièrement l'ancien droit minier reposant sur la tutelle étroite de l'état sur les exploitants et le remplaçait par le droit moderne en donnant pour base à ce droit le principe de la *Bergbaufreiheit*, c'est-à-dire de la liberté d'exploitation des mines comprise sous toutes les acceptions dans le sens le plus large. Ce régime a puissamment contribué au développement merveilleux de l'industrie extractive prussienne et, par suite, à l'essor de l'industrie générale et du commerce en Allemagne. Mais, à côté, il s'est révélé des inconvénients qui ont montré la nécessité de la revision des principes de la liberté d'exploitation ou du moins de son application d'après la loi de 1865.

De là est née la loi de 1907. Cette loi crée trois régimes spéciaux : 1° celui du droit commun qui s'applique à toutes les substances ne rentrant pas dans les deux autres catégories ; 2° le régime du sel, de la potasse, de la magnésie, des borates, avec les sels associés dans les mêmes gisements et des sources salées, en un mot le régime du sel ; 3° le régime de la houille, non compris le lignite.

Le régime du droit commun reste celui de la loi de 1865 avec la liberté complète d'exploitation, tandis que pour les groupes du sel et de la houille, la nouvelle loi porte une atteinte effective au régime de la *Bergbaufreiheit*. Telle est la caractéristique essentielle de cette loi. Nous renvoyons, pour les détails, au texte qui est donné à la suite de la communication de M. Aguillon.

Note sur **les moyens d'évaluer l'effectif du matériel roulant** nécessaire à un chemin de fer en exploitation, par M. Worms de Romilly, Inspecteur général des Mines.

En présence des crises dues au développement inattendu de l'industrie et à une insuffisance du matériel de transport, il y aurait grand intérêt, si cela était possible, à adopter des dispositions de nature à empêcher ces crises, ou tout au moins à en atténuer la gravité.

Pour atteindre ce but, il faudrait, d'une part, prévoir avec quelque

approximation, le trafic d'un réseau plusieurs années à l'avance, et de l'autre, déterminer la quantité de matériel nécessaire à une Compagnie en pleine exploitation.

Pour le premier problème, on peut établir des graphiques donnant la variation du trafic pour les années successives et, pour une série de quelques années, on obtient en général une courbe moyenne de forme à peu près régulière. On fait ce tracé pour les voyageurs et pour les marchandises, et on arrive à obtenir une loi approximative d'augmentation de trafic. Ceci obtenu, en prenant pour unité la capacité en tonnes des véhicules pour les marchandises et le nombre des places offertes pour les voyageurs, on arrive à évaluer le matériel de transport nécessaire, et, celui-ci connu, la puissance des locomotives. Nous n'indiquons, bien entendu, ici que l'idée générale de la méthode. Il semble bien qu'on puisse calculer ainsi à l'avance le matériel qu'il est prudent de se procurer pendant les deux ou trois années suivant un exercice en cours.

Note complémentaire sur **les oscillations du matériel dues aux dénivellations de la voie**, par M. Georges Marié.

10e livraison de 1907.

La catastrophe de Courrières, par M. Ch.-E. Heurteau, Ingénieur des Mines.

C'est une étude très complète de la catastrophe de Courrières contenant la description des gisements, les faits relatifs à l'explosion, ses conséquences, les constatations relatives à la marche de l'explosion et à son origine probable, etc. Il n'y a dans cette livraison que la première partie de cette étude.

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1908.

District du Nord.

Réunion du 10 Novembre 1907.

Communication de M. Ludovic Breton sur la **seconde vue du bassin houiller du Pas-de-Calais**, du Nord, et de la Belgique.

L'auteur continue le développement de ses idées sur la formation du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. Les deux premières parties de ce travail ont été présentées à la Société de l'Industrie minérale en 1905 et 1906.

Communication de M. le docteur Tissot sur les résultats **d'essais sur la mise au point de son appareil respiratoire.**

Ces essais ont été faits aux mines de Lens avec l'autorisation de M. Reumaux, Directeur général de ces mines, en vue de la mise au point de l'appareil respiratoire de M. Tissot pour le séjour dans les gaz délétères.

Nous ne pouvons entrer dans le détail de ces essais; nous nous bornerons à indiquer que la durée en a été portée jusqu'à trois heures environ et que, dans certains, les hommes portant l'appareil ont parcouru 2 000 m en portant des civières chargées.

Le but de ces essais était double : on se proposait d'abord de mettre l'appareil au point et de l'adapter aux conditions de la mine, puis l'inventeur désirait montrer l'exactitude des résultats qu'il avait annoncés dans sa conférence du 6 juin 1907 à la Société de l'Industrie Minérale, ces résultats ont été confirmés sur tous les points.

Communication de M. Fougerolles sur **le cordeau détonant.**

A la suite d'une proposition faite d'employer le cordeau détonant, M. Reumaux, directeur général, voulut bien autoriser les essais de ce cordeau à la fosse n° 1 des mines de Lens. Ces essais ont été effectués de juin à septembre 1906.

Le principe consiste à amorcer la charge explosive non plus seulement en un point de la charge, mais sur toute sa longueur en prolongeant le détonateur par le cordeau détonant qui traverse toute la charge.

On a fait les essais avec divers explosifs au jour d'abord, puis au fond. Les résultats ont été favorables et, dans tous les essais, on n'a jamais retrouvé d'explosif non brûlé, ce qui paraît être le principal avantage de l'emploi du cordon et ce qui indique une inflammation instantanée et une combustion complète. Il semble toutefois qu'il serait utile que des essais fussent faits pour savoir quelles conditions le cordeau doit remplir pour être absolument de sécurité dans les milieux grisouteux.

Communication de M. Reumaux, Ingénieur des mines d'Ostricourt, sur **le travail des marteaux perforateurs au rocher** et sur l'emploi d'un collecteur de poussières.

L'emploi du marteau perforateur permet d'utiliser tous les avantages de la perforation pneumatique et ceux du travail à la main. Ces marteaux assurent la grande rapidité de forage, l'utilisation parfaite du terrain et la mise en largeur facile des matières et du sol des galeries, enfin ils permettent d'employer des ouvriers de deuxième catégorie. Le seul inconvénient grave est le dégagement de poussières très fines pendant le forage. On peut y remédier par l'usage d'un dispositif qui puisse d'une part participer à l'avancement du foret et, de l'autre, assurer un joint parfait avec le marteau et le terrain; le principe de ce dispositif est l'emploi d'un ressort à spires cylindriques enveloppé de toiles.

La note contient des détails intéressants sur les fleurets, la pression

d'air nécessaire pour la bonne marche des marteaux; l'emploi de surcompresseurs pour relever la pression de l'air envoyé par les compresseurs; ces appareils seraient constitués par de petits compresseurs mus par moteurs électriques et placés sur chariots pour ne pas avoir des conduites trop longues.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *29 février 1908.*

La construction des ponts aux États-Unis, par F. Dircksen.

La ventilation par pression dans les bâtiments, par K. Brubbée.

Calcul des pièces courbes, par A. Baumann.

Groupe de Bavière. — Développement de l'emploi des turbines à vapeur et particulièrement des turbines à action.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Analyseur automatique des gaz de la combustion, système Krell-Schultze.

Bibliographie. — Installation des fabriques, par Haberstroh, E. Görts, E. Weidlich et R. Stegemann.

Revue. — Four électrique Röchling-Rodenhauser. — Démolition d'une cheminée de 40 m. — Chaîne de transmission de la Schmidt Drive Chain Company, à New-York. — Augmentation de poids des locomotives aux Etats-Unis.

N° 10. — *7 mars 1908.*

Magasin de la Suddeutsch-Donan-Dampschiffarts G. à Vienne, par R. Dub.

La construction des ponts aux États-Unis, par F. Dircksen *(suite).*

Calcul des pièces courbes, par A. Baumann *(fin).*

La théorie et la pratique dans l'enseignement de la construction des machines dans les écoles techniques supérieures, par A. Wagener.

Groupe de Carlsruhe. — Le cristal liquide et la technologie mécanique.

Revue. — Conducteurs à haute tension pour transport de force. — Machine à percer, de la fabrique Langelier. — Usine hydro-électrique au Japon. — Travaux de dragage au canal de Panama.

N° 11. — *14 mars 1908.*

Montage du pont métallique sur l'Elbe (ligne Berlin-Magdebourg), par W. Dietz..

Clapets de sûreté pour conduites de vapeur, par G. W. Kohler.

Groupe de Bavière. — Le développement des machines-outils et son influence sur les progrès de l'industrie.

Groupe de Hanovre. — L'auxétophon.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Les machines thermiques.

Association des chemins de fer. — Chemins de fer électriques dans l'intérieur des villes.

Bibliographie. — Lectures sur la mécanique industrielle, par A. Föppl. — La technique actuelle des chemins de fer.

Revue. — Locomotive tender compound articulée, système Mallet. — Le développement de l'emploi du caoutchouc. — Emploi du gaz de gazogène pour la propulsion des véhicules. — Le cinquantenaire de la Société technique de Riga.

N° 12. — *21 mars 1908.*

Expériences sur l'effet utile des pompes centrifuges et des ventilateurs, par R. Biel.

La construction des ponts aux États-Unis, par F. Dircksen (*suite*).

Johann Andreas et la première locomotive construite en Allemagne, par C. Matschoss.

Souffleur pour locomotives, système Alexander, par L. Hahve.

Relation entre la vitesse et la pression du vent, par A. Peters.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Méthode de Schlick, pour l'emploi du gyroscope dans les navires.

Groupe de Poméranie. — Modèles ou brevets de formes.

Bibliographie. — Production et emploi de la vapeur surchauffée, par J. Schiel. — Historique de la technique de l'exploitation des mines et de la métallurgie, par Fr. Freise.

Revue. — Génératrice de 5 000 kilowatts, des ateliers Siemens-Schuckert. — Pont-route en béton sur le Rhône, à Pyrimont. — Pont-route sur la Ruhr, à Mulheim.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Chemins de fer à crémaillère, par M. A. Lévy-Lambert, Inspecteur principal au Chemin de fer du Nord. — Encyclopédie des Travaux publics, fondée par M. C. Lechalas. Paris, Gauthier-Villars (1).

Nous avons donné, dans le Bulletin de mai 1892, un compte rendu de la première édition de l'ouvrage de M. Lévy-Lambert sur les chemins de fer à crémaillère. Nous n'avons donc point ici à reprendre la question au début et à justifier l'intérêt qu'elle présente. Il nous suffira d'insister sur les développements qu'a pris la construction de ce genre de chemins de fer depuis la publication de la première édition du livre dont nous nous occupons. Ce développement a été considérable; en effet, en 1891 il existait 367 km de voies à crémaillère tandis qu'il y en a aujourd'hui 1 300 en nombre rond, répartis sur 56 lignes dont 35 à crémaillère seulement, et 21 partie à crémaillère partie à adhérence; la longueur des lignes a donc quadruplé depuis dix-sept ans.

Nous allons passer très rapidement en revue les matières traitées par l'auteur.

Après une introduction consacrée à la justification de l'emploi de l'adhérence artificielle sous forme de crémaillère et l'indication des cas où il y a lieu d'y recourir, l'auteur étudie dans le premier chapitre le tracé des lignes au point de vue des rampes et des courbes et donne la description d'un certain nombre de chemins de fer tant entièrement à crémaillère que mixte, c'est-à-dire à adhérence et à crémaillère; au nombre des lignes décrites se trouvent les plus récentes; la fin de ce chapitre traite des ouvrages d'art, tunnels, et terrassements dont l'importance est en général secondaire puisque l'emploi de rampes inabordables à l'adhérence a pour but, en grande partie, d'éviter le plus possible ces ouvrages, dont on ne peut pas toujours cependant se passer absolument.

Le deuxième chapitre décrit en détail les voies à crémaillère et les diverses dispositions données à cet organe; il y a quelques années on ne connaissait encore que la crémaillère Riggenbach avec ses variantes de détails et la crémaillère Abt; depuis est venue la crémaillère Strub qui a reçu d'assez nombreuses applications notamment au chemin de fer de la Jungfrau.

Le chapitre troisième s'occupe des locomotives des chemins de fer à crémaillère, locomotives à vapeur qui sont simples ou mixtes, ces dernières pouvant être à un seul ou à deux mécanismes. L'auteur entre dans d'importants développements sur les détails de construction des locomotives et notamment sur le mécanisme à crémaillère qui en est la

(1) In-8°, 255 × 165 de 479 p. avec 137 fig. Paris, Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins. Prix, broché : 15 f.

partie la plus importante. On trouvera des renseignements intéressants sur les calculs d'effort de traction, sur l'effet utile, les freins, question d'un intérêt capital sur les fortes déclivités, les frais de traction, etc. Une partie de ce chapitre est consacrée à la traction électrique déjà assez employée sur les lignes de montagne là où on peut recourir à des forces naturelles et effectuée soit par courant continu soit par courant alternatif; il se termine par une étude sur la dépense de premier établissement de diverses lignes et la décomposition de ces dépenses.

Le chapitre quatrième et dernier traite de l'exploitation des lignes à crémaillère. Sous ce titre se trouvent compris l'entretien de la voie, la conduite des machines, l'organisation du service, les frais d'exploitation, tarifs, etc., avec une comparaison entre les lignes à crémaillère et les lignes à adhérence. Nous avons vu avec plaisir à ce sujet que M. Lévy-Lambert a tenu compte, dans une certaine mesure, des observations que nous avions formulées à propos de cette comparaison dans notre compte rendu de la première édition de son livre et aussi de notre note sur la question parue sous le titre de *Chemins de fer de montagne, traction sur crémaillère ou à adherence*, dans le Bulletin de juin 1906.

L'ouvrage se termine par quelques documents annexes de nature à rendre des services aux personnes qui s'occupent de l'établissement de voies de ce genre, tels que cahiers des charges, règlements d'exploitation, comptes rendus, instructions à l'usage du personnel, etc. On y trouve un intéressant rapport du professeur Regnard sur les causes du « mal de montagne ».

Nous ne pouvons que répéter, pour terminer, ce que nous disions en 1892, savoir que l'ouvrage de M. Lévy-Lambert constitue un travail consciencieux et de nature à rendre un important service à la profession : il met, en effet, à la disposition de ses membres une foule de renseignements des plus utiles sur une question qui tend à prendre de plus en plus d'importance à mesure qu'on se préoccupe d'établir des voies de transport que les conditions locales obligent d'établir le plus économiquement possible.

A. Mallet.

IVe SECTION

Contributions diverses à l'hydrogenèse. — Première partie : *Production des sources. — Transformation des oueds — accroissement des récoltes : par suralimentation des terrains aquifères, à l'aide des ruissellements d'hiver (Méthode romaine); par diminution de l'évaporation des terres, etc.* (1), par Hippolyte Dessoliers, Ingénieur des Arts et Manufactures, Viticulteur à Ténès (Algérie).

Ce mémoire qui, à première vue, semble devoir renverser toutes les idées reçues sur le rôle de la végétation dans l'alimentation des sources, ne traite presque que de la question de l'évaporation de l'eau par les plantes. L'auteur est bien injuste à leur égard, car il les considère comme

(1) In-8, 275 × 185 de 88 p. avec 4 pl. Alger, Imprimerie Algérienne, 1907.

cause de la sécheresse, et ne tient pas compte qu'elles entretiennent dans les régions dont elles couvrent le sol, une atmosphère fraiche et humide, qui permet aux pluies de se produire ; grâce à elles, l'évaporation est plus forte, mais, par contre, grâce à elles aussi, les pluies sont plus abondantes, plus fréquentes et finalement, nous leurs devons une quantité d'eau plus grande que celle qu'elles évaporent. Si les Romains ont disposé de plus d'eau que nous dans le nord de l'Afrique, c'est que de leur temps les massifs montagneux étaient couverts d'une végétation que les civilisations, qui se sont succédé depuis, ont fait disparaitre progressivement. J. B.

Ve SECTION

Le traité pratique sur la fabrication du gaz de Borias (1) débute par *un aide-mémoire et formulaire sur les mathématiques en général.* On y trouve des renseignements sur la mécanique et ses applications : chaudières, pompes, moteurs, treuils, transmissions, etc. ; les travaux relatifs à la physique ainsi qu'à la chimie, et des documents pratiques sur les fers, les tuyaux, les diverses soudures, les huiles, les analyses de l'eau et de l'air, ainsi que des renseignements sur le bâtiment.

La seconde partie est plus spécialement consacrée au *traité de la fabrication proprement dite du gaz* qui, après un historique, traite de la question des combustibles : houilles, coke ; des appareils de distillation : fours, cornues, etc. ; des appareils de chauffage : les foyers dans le cas d'emploi de combustibles solides et liquides ; chauffage par les gaz : gazogènes, avantages, inconvénients.

Il continue par une *étude générale sur le chauffage des fours* par combustibles solides, liquides, gazeux, avec notes pratiques pour la détermination des températures ; cheminées : données pratiques ; le chargement et déchargement des cornues : manutention pratique ; la distillation de la houille : éléments constitutifs des produits de la distillation, influences sur la distillation de la nature de la houille ; production des cornues. Théorie chimique de la distillation.

Une étude du gaz d'éclairage expose les procédés d'épuration : les diverses phases, condensation, épuration chimique, résultats généraux de l'épuration ; d'extraction : extracteurs rotatifs et à jets de vapeur ; résultat, contrôle ; mesurage du gaz fabriqué, compteurs, tableaux, etc. ; d'emmagasinage du gaz : gazomètre, cuve, cloche-gazomètre, coût ; d'émission : régulateurs ; de distribution du gaz : calculs de conduites, d'un réseau, fuites, etc. ; chez les abonnés : compteurs, leurs erreurs, vérification, gelées ; d'emploi du gaz à l'éclairage et à la ventilation ; théorie des flammes, pouvoir éclairant, les becs, ventilation par les appareils d'éclairage, altération de l'air ; de la photométrie : photomètres divers ; de l'emploi du gaz au chauffage et à la cuisine : puissance calorique, dépenses ; du gaz force motrice : les moteurs, emplois divers, les ballons, consommation en ville.

(1) In-8, 220 × 135 de 600 p. avec fig., Paris et Liége, Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, 1908. Prix, relié : 25 f.

L'ouvrage se termine par l'étude des sous-produits ; eaux ammoni-cales : leur traitement, leur usage comme engrais, azote dans les houille goudron : sa composition ; coke et enfin examine le rôle des capita engagés : prix de revient du gaz ; gaz divers : à l'eau, méthane hydr gène, à l'air, riche, de bois, de tourbe.

Ce travail, très complet et intéressant, sera utile à consulter par d spécialistes de la question.

L. D'ANTHONAY.

VIe SECTION

Mesures électriques, par Eric GERARD (1).

Les *Mesures électriques*, qui viennent de paraître, forment une sui digne des *Leçons sur l'électricité*, de l'éminent directeur de l'Instit Montefiore. Grâce à ce volume, les électriciens qui n'ont pas eu bonne fortune de suivre les leçons de M. L. Gerard auront du moins satisfaction d'en avoir une reproduction remarquablement éditée.

L'ouvrage se divise en quatre parties :

Dans l'introduction, l'auteur expose les méthodes employées pour discussion des expériences. Ces méthodes sont appliquées dans le cou de l'ouvrage à de nombreux exemples ; elles fixent le degré d'approx mation des résultats et elles détournent du travers trop fréquent d'e primer ceux-ci par des nombres de chiffres, nullement en rapport av la précision des mesures qui les ont fournis. Ce chapitre ne saurait ét trop lu et médité.

Les mesures électriques débutent par la description des étalons l'exposé des méthodes générales convenant à la détermination d intensités de courant, des quantités d'électricité, des forces électr motrices, des capacités, des puissances électriques et des coefficien d'induction.

Les mesures magnétiques sont traitées avec l'ampleur que leur impo tance comporte, la perméabilité et l'hystérésis du fer employé dans construction des machines électriques devant être mesurées avec aut de soin que la conductibilité du cuivre destiné aux bobines.

Enfin, dans les applications, l'auteur applique les procédés génér de mesure aux essais des galvanomètres, des câbles, des lignes télég phiques, des réseaux électriques, des piles, des accumulateurs, d machines génératrices, des moteurs, des transformateurs. Le chapi des alternateurs et alterno-moteurs comporte des développeme importants sur les méthodes d'enregistrement des courbes et d'analy des harmoniques.

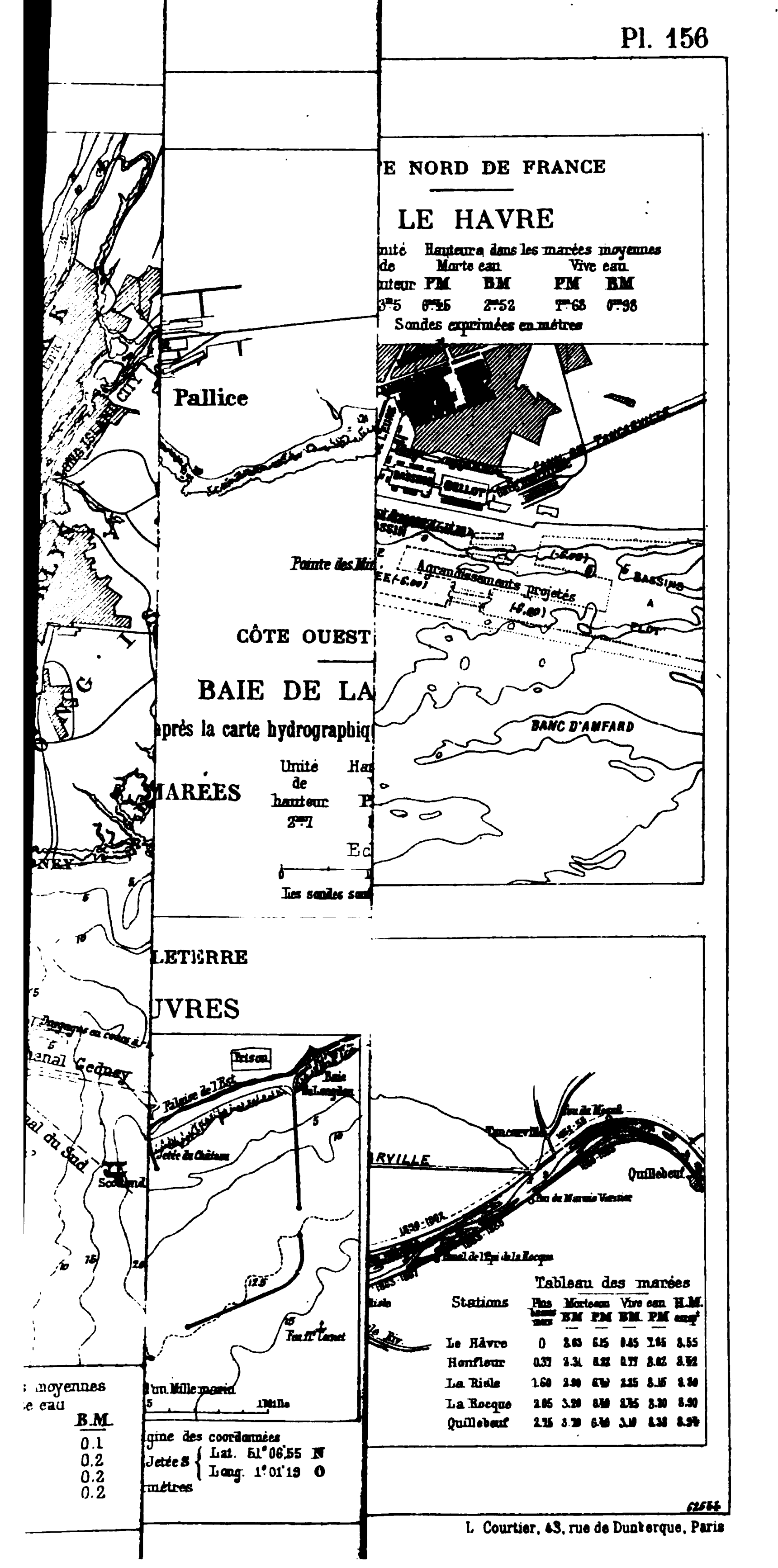
P. S.

(1) In-8°, 250 × 160 de IX-708 pages, avec 304 figures. Paris, Gauthier-Villars, 55, q des Grands-Augustins. 1908. Prix, broché : 12 f.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8244-3-08. — (Encre Lorilleux)



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1908

N° 4.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'avril 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

PUECH (A.). — *Communication d'Armand Puech sur l'épuration des eaux d'égout* (XIVe Congrès international d'hygiène et de démographie. Berlin 23-29 Septembre 1907. Section VI A. Thème 3) (in-8°, 245 × 155 de 7 p.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 45353

PUECH (A.). — *Épuration des eaux d'égout.* Communication faite à la Société de Médecine publique et de Génie sanitaire dans la séance du 31 Octobre 1906, par Armand Puech (in-8°, 210 × 135 de 27 p.). Mazamet, Imprimerie Victor Carayol, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45355

PUECH (A.). ROLANDEZ (C.). — *L'Épuration des eaux d'égout par le système Puech.* Première partie, par A. Puech. Deuxième partie, par C. Rolandez (Extrait du 6e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Décembre 1907) (in-8°, 240 × 160 de 27 p. avec 1 pl.). Bruxelles, Goemaere, 1907. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45356

Chimie.

Chabrié (C.). — *Traité de Chimie appliquée*, par C. Chabrié. *Tome premier et Tome second* (2 volumes in-8°, 250 × 160 de xxxix-876 p. avec 263-vi fig. et de x-717 p. avec 213 fig.). Paris, Masson et Cie, 1905, 1908. (Don des éditeurs.) 45357 et 45358

Séverin (J.). — *Toute la Chimie minérale par l'Électricité*, par Jules Séverin (in-8°, 255 × 160 de v-792 p. avec 66 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45362

Construction des Machines.

Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore avente sede in Milano. Rendiconto dell'ezercizio del 1905 (Anno quindicesimo) (in-8°, 255 × 175 de 124 p.). Milano, La Stampa commerciale, 1906. 45361

Électricité.

Claude (G.). — *L'Électricité à la portée de tout le monde*, par Georges Claude. Courant continu. Courants variables. Courants alternatifs simples et polyphasés. Le Radium et les nouvelles radiations. Sixième édition revue et augmentée (Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences) 29e mille (in-8°, 250 × 165 de 481 p. avec 230 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45339

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Twenty-eighth Annual Report of the Director of the United States Geological Survey, to the Secretary of the Interior of the Fiscal year ended June 30 1907. (Department of the Interior. United States Geological Survey. George Otis Smith, Director) (in-8°, 230 × 145 de 80 p. avec 1 pl.). Washington, Government Printing Office. 1907. 45351

Législation.

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Liste des Membres 1908 (in-8°, 240 × 155 de 132 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1908. 45359

Société Centrale des Architectes français. Annuaire pour l'année 1908. Annuaire de la Caisse de Défense mutuelle des Architectes (in-8°, 235 × 155 de 112-8 p.). Paris, Siège de la Société. 45360

The Society of Chemical Industry. List of Members 1908 (in-8°, 270 × 195 de LXI p.). London, Vacher and Sons. 45341

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

FOLLET (Dr). — *La pratique de la désinfection départementale* (Application de la loi du 15 Février 1902). Organisation du Service départemental de la désinfection en surface en Ille-et-Vilaine, par le Docteur Follet (in-8°, 230 × 145 de 156 p. avec 5 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45345

PUECH (A.). — *Communication d'Armand Puech sur son système de filtration pour les eaux potables* (XIVe Congrès international d'hygiène et de démographie. Berlin 23-29 Septembre 1907. Section VI A Question 7) (in-8°, 245 × 155 de 6 p.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 45354

Métallurgie et Mines.

DUNAIME (P.). — *Étude sur l'industrie du fer dans le Nord des Ardennes Françaises*, par M. Pol Dunaime (Extrait des Annales des Mines, livraison de juillet 1907) (in-8°, 225 × 140 de 110 p. avec 16 fig. et 1 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45340

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

List of Lighthouses, Light-Vessels, Buoys and Beacons on the Coast and Rivers of China 1908, Corrected to 1st December 1907. Thirty-sixth Issue (China-Imperial Maritime Customs. III. Miscellaneous Series. N° 6.) (in-4°, 280 × 220 de 55 p. avec 9 pl.). Shanghaï, Published at the Statistical Department of the Inspectorate general of Customs, 1908. 45352

Routes.

FRANCOU (A. père). — *Sur la nécessité de garantir les routes contre l'usure et les poussières. Des moyens à employer pour y parvenir*, par A. Francou père (in-8°, 210 × 135 de 16 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45344

Technologie générale.

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Comité d'Études. Communications faites au sein du Comité pendant l'Exercice 1906-1907 (in-8°, 240 × 155 de 103 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1907. 45348

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Comité d'Excursions. Établissements et Travaux visités pendant l'Exercice 1906-1907 (in-8°, 240 × 155 de 64 p. avec photog.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1907. 45349

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. La question Marocaine au point de vue economique. Conférence faite à la Société le Mercredi 20 Novembre 1907 par M. Georges Paquet (in-8°, 240 × 155 de 74 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne 1908. 45350

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport annuel 1906-1907 (in-8°, 240 × 155 de 48 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1907. 45347

Travaux publics.

BERGÈS (P.-A.). — *Distributions d'eau. La limitation automatique du débit. La soupape hydraulique différentielle. La borne Bayard 1907. Quelques limitateurs allemands,* par P. Aristide Bergès (in-8°, 240 × 155 de 28 p. avec 32 fig.). Paris, Publications du Journal Le Génie Civil, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45346

MOREAU (A.). — *Rapport du Comité des Constructions et Beaux-Arts sur les échafaudages rapides,* par M. A. Moreau (Extrait du Bulletin de Février 1906 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 220 de 15 p. avec 17 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45342

MOREAU (A.). — *Rapport présenté au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, par M. A. Moreau sur un système de fermeture en bois de M. Baumann.* (Extrait du Bulletin de Juin 1906 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (in-4°, 275 × 220 de 12 p. avec 15 fig.). Paris, Philippe Renouard. 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45343

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois d'avril 1908, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

M.	Bormann,	présenté par MM.	Barbet, Bocquin, A. Mallet.
G.	Collignon,	—	Compère, G. Béliard, Bourdon.
H.-L.-A.	Guyon,	—	G. Dumont, Jousselin, de Dax.
H.-C.	Hoover,	—	Bates, Vaslin, de Dax.
H.-J.	Mignot-Mahon,	—	Compère, Lambert, Gaillard.
Th.-F.	Mourgault,	—	Allamel, de Gaechter, Guillet.

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

L.-N. Lebrec, présenté par MM. Birault, E. Coignet, Roman.

Comme Membres Associés, MM. :

P.-C.	Picot,	présenté par MM.	E. Reumaux, Béranger, Bergeron.
F.-J.	Saint-Cric,	—	de Blottefière, Corvol, Rancelant.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 AVRIL 1908

Présidence de M. E. Reumaux, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président dit qu'il a reçu, comme suite à la Communication de M. Delvaux, une lettre de M. Colomer, dont il est donné lecture. Cette lettre est ainsi conçue :

« Monsieur le Président,

» J'ai écouté avec beaucoup d'intérêt la communication de M. Del- » vaux sur les dragages aurifères et je voudrais la compléter par quel- » ques indications personnelles sur la question en Terre de Feu.

» M. Delvaux a fait allusion au travail industriel de l'or dans cette » région, mais il n'a pas dit quelle était actuellement l'intensité de ce » travail.

» Lors de mon passage l'an dernier en Terre de Feu, il existait cinq » dragues, les unes en marche déjà, les autres prêtes à fonctionner; » elles étaient placées respectivement sur les rio Oro, rio Verde, rio » Perez, rio Carmen et mina Nueva.

» La drague du rio Oro produisait, en mars dernier, 3 à 4 kg d'or par » semaine, mais on devait l'arrêter au mois de mai.

» Le grand obstacle aux entreprises industrielles dans cette région » est précisément cet arrêt forcé des travaux quatre ou cinq mois de

» l'année pendant l'hiver. D'autre part, on a rarement les teneurs de » 3 f que signale M. Delvaux pour les alluvions aurifères de la Guyane. » Les teneurs sont d'un demi-gramme à trois quarts de gramme, quelquefois un gramme, mais très rarement.

» On n'est pas non plus dans les conditions favorables de la Nouvelle-Zélande qui ont permis aux dragages aurifères de se développer si » activement. Le combustible coûte très cher : son prix atteint sur place » le chiffre de 100 à 110 f la tonne.

» Les moyens de transport sont souvent plus défectueux encore que » les transports en pirogue guyanaise dont M. Delvaux nous a donné » de si jolies vues. On fait usage de chars à bœufs qui traversent la » pampa sans aucune route frayée.

» Veuillez agréer, etc.,

» F. Colomer. »

M. le Président dit qu'une délégation de la Société a assisté aux obsèques de notre Ancien Président, M. J. Farcot. Un discours a été prononcé par M. Ch. Compère, Président de la 3e Section du Comité. Ce discours sera inséré dans l'un des prochains Bulletins, conformément aux usages.

M. le Président saisit cette occasion pour exprimer de nouveau à la famille Farcot toute la part que la Société a prise à la perte cruelle qui l'a frappée.

M. le Président fait connaître que M. P. Chalon a reçu la médaille de la Société de Géographie Commerciale pour son ouvrage sur les « Richesses minérales de l'Algérie et de la Tunisie ».

M. le Président adresse à ce Collègue les félicitations de la Société.

M. le Président est heureux de faire connaître que notre Ancien Président, M. L. Coiseau, vient de faire don à notre Société du montant d'un certain nombre de coupons d'obligations de notre emprunt dont il est le propriétaire, s'élevant à la somme de 501,20 f, somme que notre Ancien Président a demandé de voir appliquer au Fonds de Secours.

M. le Président adresse à M. L. Coiseau les plus vifs remerciements de la Société.

M. le Président fait connaître que la Société de propagation de l'incinération met au concours la construction d'un four électrique destiné à permettre des diminutions dans le délai de l'incinération.

Les conditions de concours sont déposés à la Bibliothèque.

L'office national du Commerce extérieur nous informe que la situation de Directeur général de la Compagnie d'éclairage et de traction électriques, à Santiago, Ile de Cuba, est actuellement disponible, et que les Candidats doivent s'adresser directement à M. F. Saunier, conseiller du Commerce extérieur de la France, à La Corogne (Espagne).

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que le Comité a décidé de reculer de quinze jours la célébration du soixantenaire.

En effet les 1, 2 et 3 mai sont les dates auxquelles doivent avoir lieu les élections municipales, ce qui était de nature à empêcher beaucoup de nos Collègues de province de participer à nos réunions.

En conséquence, la séance du 1er mai aura lieu comme d'ordinaire, et les séances du soixantenaire sont fixées au vendredi 15 mai, samedi 16 mai et dimanche 17 mai.

Une circulaire complémentaire et rectificative donnant les détails nécessaires sera jointe au procès-verbal de cette séance.

M. le Président annonce que le Comité a nommé comme Délégués de la Société au Congrès de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle, dont M. le Président de la Société fait déjà partie comme Membre du Comité de patronage, MM. E. Bertet de Mestral.

M. le Président fait connaître qu'à la suite de la Communication de M. L. Périssé, sur *les Fiacres automobiles*, M. Michelin prendra la parole, pendant quelques minutes, pour décrire un type de bandage nouveau pour poids lourds.

M. L. Périssé a la parole pour sa communication sur *les Fiacres automobiles* (1).

M. L. Périssé divise son étude sur les fiacres automobiles en trois parties.

Dans la première, il fait ressortir, au moyen de documents statistiques, le développement progressif de la circulation dans Paris.

Dans la deuxième, il montre l'essor du fiacre automobile en ces derniers temps, et il indique les points principaux du côté économique de la question.

Dans la troisième partie, il aborde le point de vue technique et donne les conditions mécaniques d'établissement d'un fiacre automobile en vue d'obtenir, de ce véhicule, le meilleur rendement économique possible.

Première Partie. — *Eléments statistiques de la circulation parisienne.* — M. Périssé fait tout d'abord l'historique du fiacre : par lettre patente du 22 octobre 1617, le roi Louis XIII accorde l'autorisation d'organiser la première exploitation de chaises à bras. Le 5 mai 1650, son successeur accordait au sieur Villerme le droit de faire circuler de petites *carrioles de louage* dans la Ville de Paris.

Le mot fiacre apparait en 1717. Il fut d'abord le surnom du cocher et, peu de temps après, devenait le nom des véhicules. En 1787, intervint pour la première fois la réglementation des prix et la détermination des heures entre lesquelles ces prix sont applicables ; on peut donc dire que c'est à cette date qu'est né le fiacre parisien.

En janvier 1819, une statistique montre que 2.076 voitures publiques avaient roulé pendant l'année 1818. Les fiacres étaient au nombre de 818. Les cabriolets formaient le complément. *La moyenne*, c'est-à-dire

(1) Mémoire : Voir Bulletin de mars, page 433.

la somme brute rendue par les cochers à leurs maîtres, était approximativement de 12 francs pour le fiacre et 9 francs pour le cabriolet.

En comptant les carrosses et les cabriolets de remise, les cabriolets particuliers, les charrettes et haquets, les tonneaux de porteurs d'eau, ceux-ci au nombre de 1.338, dont plus de 800 à bras, le nombre des véhicules enregistrés à Paris était de 18.381.

La Compagnie Impériale des voitures fut créée en 1855 et pendant plusieurs années fut la seule faisant une exploitation régulière de fiacres à chevaux. Cette période est, du reste, une époque spéciale de transport dans Paris, puisque c'est du 18 février 1854 que date la concession Loubat lui accordant le privilège de créer des voitures sur rails entre le Louvre, Sèvres, Saint-Cloud et Vincennes.

En 1856, la Compagnie générale des voitures à Paris mettait à la disposition du public 4.147 voitures de place et de grande remise. En 1876, ce nombre était de 4.727. Il devint 6.600 en 1877 pour atteindre 7.867 lors de la fermeture de l'Exposition de 1889.

En 1900, le nombre total des fiacres pour toutes les compagnies dépassait à peine 12.000.

Parallèlement, se développait dans Paris la circulation par omnibus et tramways. En 1857, 369 omnibus étaient en circulation ; en 1891, il y en avait 612 et 233 tramways.

Indiquant ensuite la progression aux trois dates caractéristiques 1817, 1853, 1891, M. L. Périssé démontre le développement tant des voitures publiques que des voitures pour le transport des marchandises. Il déduit des statistiques récentes les chiffres approximatifs suivants qui montrent l'importance de la circulation parisienne fin 1907 :

1° *Voitures à chevaux* :	
a) Voitures de place	16 000
b) Voitures bourgeoises	9 000
c) Voitures à marchandises	18 700
d) Voitures de commerce à deux roues . . .	40 000
e) Voitures spéciales de la Ville de Paris. .	1 800
2° *Omnibus et tramways*	2 000
3° *Voitures automobiles* :	
a) Voitures de place	2 250
b) Voitures automobiles particulières . . .	12 000

Au total, 101.750 véhicules.

Ce chiffre représente, non pas le nombre des voitures qui existent, mais bien celui des voitures qui circulent.

Or, au point de vue de la circulation dans Paris, le fiacre automobile présente deux avantages intéressants : il va plus vite et encombre moins les rues. Il doit donc supplanter entièrement l'ancien fiacre à chevaux de 1787.

Deuxième Partie. — *Le fiacre automobile au point de vue statistique et économique*. — Dans cette deuxième partie, M. Périssé donne une statistique détaillée pour chaque année de 1898 à 1907. C'est en effet en 1898 qu'a paru le premier fiacre automobile.

Après avoir indiqué les caractéristiques des principaux types de fiacres automobiles. M. Périssé établit une statistique des tarifs employés : les plus puissantes Compagnies adoptent le chiffre de 0 fr. 333 du kilomètre, par exemple la Compagnie générale des Voitures automobiles (Voitures Unic), la Compagnie française des automobiles de place (Voitures Renault), la Compagnie des autos-fiacres (Voitures Renault et Duhanot). Ces fiacres sont tous munis de moteurs à deux cylindres. A ce même tarif marchent les voitures à trois cylindres de la Compagnie « Ours » et les automobiles à quatre cylindres de la Société « Metéor ».

M. Périssé établit ensuite une comparaison entre les fiacres à chevaux et les fiacres automobiles au point de vue de leur recette. Le nombre des prises en charge ne dépasse pas actuellement 8 à 9 pour ces derniers avec une distance kilométrique qui atteint 75 km dont 15 à 20 de maraude, alors qu'elle est de 14 prises en charge en moyenne pour les fiacres à chevaux avec une distance parcourue de 30 km environ.

Une différence importante entre les fiacres automobiles et les fiacres à chevaux c'est que, tandis que le kilomètre parcouru ne coûte rien ou presque rien à l'exploitant du fiacre hippomobile, il coûte relativement cher à l'exploitant du fiacre automobile qui se traduit par des dépenses de consommation, d'entretien et d'usure qui n'existent que dans une très faible proportion pour l'ancien véhicule.

Les fiacres automobiles ne seront dans une situation prospère que lorsque le public sera mieux habitué à leur emploi : une solution qui s'impose, est, en tous cas, l'unification des tarifs de fiacres automobiles ou encore l'adoption de trois tarifs connus, appliqués aux voitures suivant leur type de moteur (quatre cylindres, deux et trois, un cylindre), chacune de ces catégories de moteur correspondant évidemment à un confortable et à une vitesse justifiant la différence de tarif.

Troisième partie. — Conditions techniques d'établissement du fiacre automobile. — Pour diminuer le prix de revient de marche des fiacres automobiles il faut chercher à restreindre quatre chefs de dépenses qui sont les suivants : *a*) dépenses relatives à l'entretien et au remplacement des bandages élastiques ; *b*) dépenses relatives au combustible et au lubrifiant; *c*) frais d'entretien journaliers et de grosse réparation ; frais de réparation au cas d'accident; *d*) frais d'amortissement du véhicule.

a) Après avoir passé en revue les divers types de bandages pneumatiques, caoutchouc plein, bandages mi-creux, roues élastiques, M. Périssé conclut qu'en l'état actuel de l'industrie le seul bandage possible pour le fiacre automobile est le pneumatique. Toutefois, pour ménager cet organe, il faut remplir deux conditions : 1° le bandage doit être surveillé d'une façon très stricte et réparé en temps opportun, par des mains compétentes.

Dans certaines Compagnies de fiacres automobiles, des spécialistes surveillent journellement les pneumatiques des voitures, et chaque enveloppe a son état civil. Celle-ci est réparée avant qu'un accident irrémédiable vienne le mettre hors de service prématurément;

2° La deuxième condition est que le mécanisme soit disposé pour éviter les à-coups, il faut donc que le fonctionnement de la voiture soit tel que l'action du conducteur ne puisse conduire à une fausse manœuvre. Il serait désirable que la pédale d'embrayage ne soit pour ainsi dire qu'un *servo-moteur* et que l'embrayage proprement dit se fasse toujours avec la même douceur quelle que soit la brutalité du pied.

Des palonniers perfectionnés doivent assurer au freinage une action plus progressive; la direction doit être construite pour que le jeu se rattrape presque automatiquement pour éviter les usures anormales des pneumatiques des roues d'avant que l'on constate lorsque la direction permet un léger flottement de ces roues. Il faut, enfin, limiter la vitesse du véhicule et limiter le poids de celle-ci.

La vitesse maximum de 35 km à l'heure en palier parait suffisante aux exploitants qui veulent limiter leur service à l'intérieur de Paris. Cette limitation contribuera d'ailleurs à la diminution des accidents. En ce qui concerne le poids, il faut considérer que la voiture doit cependant être résistante et que, de plus, le maximum de confort est relativement incompatible avec la légèreté.

Il se peut que l'on revienne aux châssis en tube, d'autre part, les moteurs à refroidissement d'air donneront évidemment une économie de poids. Enfin, les carrosseries simplifiées comme, par exemple, les carrosseries en aluminium d'une seule pièce dont quelques spécimens ont été présentés dernièrement contribueront à l'allégement de cette partie du véhicule.

b) *Dépenses relatives aux combustibles.* — On a intérêt à employer actuellement des combustibles liquides qui ne sont pas frappés de droits d'octroi comme les essences. Parmi eux il faut citer l'alcool dénaturé, le benzol ou le mélange par parties égales de ces deux liquides. Pour l'alcool, il faut cependant considérer que son emploi ne se généralisera que lorsque la fixité relative de son prix aura été obtenue.

La question du carburateur est primordiale pour l'exploitation des fiacres automobiles; il faut que le départ du moteur se fasse instantanément, même à froid; il faut, de plus, une bonne utilisation et la possibilité de grandes différences de régime.

M. Périssé étudie les deux solutions de carburateur essentiellement automatique et simplement semi-automatique. Il pense que le carburateur, disposé de telle sorte que le conducteur puisse augmenter la quantité d'air supplémentaire à la main, est appelé à donner une meilleure utilisation du combustible.

La question du régulateur, actuellement à l'étude à la Commission technique de l'Automobile-Club de France, est elle-même particulièrement intéressante.

La transmission a un rendement différent selon qu'elle se fait par chaine ou par cardan ou par une transmission électrique. On a dit avec juste raison que la transmission par cardan était plus mécanique et demandait dans les villes moins d'entretien que la transmission par chaine.

En ce qui concerne les changements de vitesse mécaniques, certains constructeurs ont adopté la prise directe à la vitesse la plus élevée,

d'autres objectent, avec certaine raison, que, dans un service urbain, où la deuxième vitesse doit être employée fréquemment, on a intérêt à ne pas généraliser la prise directe. Il y a là une intéressante question de rendement.

En ce qui concerne l'adoption d'un changement de vitesse comportant trois ou quatre vitesses, on peut se demander si l'adoption d'un appareil à quatre vitesses ne serait pas plus avantageux pour une ville comme Paris, en permettant une plus grande progressivité dans les différentes allures.

Dans le même ordre d'idées, on peut se demander si l'avenir ne sera pas aux engrenages toujours en prise. En ce qui concerne le moteur, certaines expériences faites dans un concours récent au Laboratoire de l'A. C. F. permettent de dire que l'emploi du moteur à deux temps pourra rendre des services pour la propulsion des fiacres.

M. Périssé passe en revue les différents modes de graissage ; il constate que les divers systèmes n'ont pas donné entière satisfaction jusqu'à présent.

Il faudrait combiner le moteur tout entier pour éviter des excès de graissage et par suite la production de fumée. Il faudrait notamment que les pistons soient obligatoirement munis de quatre segments, afin que la dépression dans les chambres d'explosions qui aspirent l'huile des parois ne puisse se produire que si l'explosion vient empêcher l'effet fâcheux de ce mouvement contraire.

C. *Réparations*. — Il faut distinguer entre deux catégories bien distinctes de réparations, d'une part celles qui sont dues à l'usure normale des mécanismes employés : celles-ci doivent être exécutées annuellement aux époques de chômage et ceci d'une façon quasi automatique. D'autre part, la deuxième catégorie comprend la remise en état des pièces de la voiture, après les incidents ou les accidents de route. Il importe pour cette catégorie que les voitures soient disposées de telle sorte que l'immobilisation du véhicule soit réduite au minimum. Certains constructeurs ont, à cet effet, constitué des blocs interchangeables comprenant le moteur et le changement de vitesse par exemple.

Il serait à souhaiter que les carrossiers puissent apporter des améliorations aux types de carrosseries et aux accessoires de celles-ci, de telle façon qu'elles servent en été comme en hiver.

D. *Amortissement*. — Le prix d'achat d'un véhicule automobile varie selon la qualité de la construction et surtout selon le poids du type mécanique employé. Le calcul de l'amortissement ne pourra être établi d'une façon exacte que lorsque les Compagnies auront derrière elle un assez grand nombre d'années d'existence pour avoir une opinion basée sur des chiffres.

M. Max Richard a donné la formule suivante de l'amortissement. La valeur d'un châssis nu, sans pneumatiques, doit être diminuée chaque année par rapport à son prix d'achat d'une somme égale à 25, 20, 15, puis quatre fois 10 0/0, ce qui revient à dire que l'amortissement total du châssis doit être fait en sept ans. Pour les carrosseries, il est prudent de compter un amortissement très élevé de 30 à 33 0/0 et ceci afin

de mettre toutes les chances de réussite du côté des exploitants, en évitant les incidents ou accidents qu'il est impossible de prévoir d'avance.

M. Périssé conclut en disant qu'il semble que l'avenir du fiacre automobile réside dans un certain nombre de conditions qui peuvent se résumer de la façon suivante :

1° Distinction entre le fiacre essentiellement urbain et celui qui, au contraire, sera adopté pour la banlieue ou pour le petit tourisme du dimanche.

2° Dans le cas du fiacre urbain, le poids ne doit pas dépasser 1.000 à 1.100 kg avec une charge de trois voyageurs et du conducteur, et ceci pour la plus grande économie des bandages et du combustible. Adoption d'un tarif très voisin de celui des fiacres à chevaux.

3° Il faut diminuer la vitesse et la limiter par l'adoption de petits moteurs.

4° Il faut généraliser l'emploi de l'alcool et du benzol sur les véhicules urbains.

5° Il faut encourager l'adoption des dispositifs spéciaux en vue de diminuer l'usure et la dépense d'entretien des mécanismes.

6° Pour diminuer l'immobilisation des véhicules en réparation il faut que les Sociétés puissent prévoir l'installation et le fonctionnement, sous leur contrôle, d'ateliers de réparations mécaniques et de réparations de carrosseries.

7° Pour les voitures destinées à sortir de Paris, il faut adopter des moteurs puissants à quatre cylindres permettant des châssis confortables parce qu'ils seraient plus lourds et fonctionnant au tarif élevé de 0,50 f du kilomètre, alors qu'actuellement le tarif de 0,33 f du kilomètre ne peut être rémunérateur que dans certaines conditions et qu'il semble que c'est le tarif à 0,40 f du kilomètre qui soit de nature, pour les fiacres urbains, à donner une certaine sécurité aux Compagnies exploitantes.

M. le Président remercie vivement M. L. Périssé de sa très intéressante communication et dit que l'exposé historique, scientifique et technique qu'il a fait de la question des fiacres, montre que l'exploitation industrielle de l'automobile répondait bien à un besoin. Elle est venue à son heure : d'abord, parce que plus que jamais le temps est de l'argent et aussi parce que nos constructeurs ont porté cette industrie, éminemment française, à un haut degré de perfection. Ils ont su réaliser un mécanisme admirable par sa précision, remarquable par les dispositifs qui rendent les accidents de plus en plus rares et l'entretien plus facile par suite de l'interchangeabilité des pièces.

L'emploi d'hydro-carbures économiques produira également une exploitation à meilleur marché et, les prix de revient diminuant, l'amortissement sera plus facilement réalisable.

M. A. Michelin a la parole pour présenter un *nouveau dispositif de pneumatique pour poids lourds* (1).

M. Michelin expose tout d'abord le rapide développement de l'industrie automobile.

Il dit que c'est grâce à l'adjonction des pneumatiques que la voiture

(1) Mémoire : Voir Bulletin d'avril, page 521.

automobile de tourisme s'est développée de si merveilleuse façon : avec son coussin d'air, formant un ressort parfait, le pneumatique constitue ce que M. de Dion appelait, dès 1896, le « Rail » de l'automobile.

Malheureusement, le pneumatique s'est montré, jusqu'à présent rebelle aux poids lourds : on ne peut guère compter faire porter au pneumatique du plus fort diamètre une charge supérieure à 700 kg. On a cherché quel rapport pouvait exister entre la durée d'un pneumatique et le poids qu'il supporte : de très nombreuses expériences ont conduit à la formule suivante : « La durée kilométrique d'un pneumatique est inversement proportionnelle au cube du poids qu'il supporte ».

Il n'a donc pas été possible, jusqu'à ce jour, d'employer ce merveilleux ressort qu'est l'air comprimé et l'on a conservé le bandage en caoutchouc plein pour diminuer le bruit et réduire la brutalité des chocs. Malheureusement, le caoutchouc, s'il jouit d'une élasticité remarquable, s'il est facilement déformable, est, en revanche, presque incompressible, beaucoup plus incompressible, en tous cas, que la majeure partie des corps solides ; en fabriquant, par conséquent, des bandages en caoutchouc plein, on est arrivé sensiblement au même résultat que si l'on avait employé des pneumatiques remplis d'eau. Dans un pneumatique ainsi gonflé, le choc contre un obstacle a produit une très petite déformation, par suite du faible déplacement des molécules d'eau, relativement peu mobiles les unes sur les autres ; tandis que dans un pneumatique rempli d'air, le même choc cause une très forte déformation, par suite du déplacement instantané de toute une tranche d'air comprimé, les molécules étant ici extrêmement mobiles.

En définitive, le caoutchouc plein a bien l'avantage de supprimer le bruit, mais, au point de vue de l'amortissement des trépidations, il ne donne guère de résultats plus satisfaisants que les simples roues ferrées. Il ne permet qu'une faible augmentation de la vitesse ; si bien que certains des meilleurs constructeurs de poids lourds conseillent maintenant l'emploi des roues ferrées, en même temps que des vitesses n'excédant pas 14 à 18 km à l'heure, selon les poids et la suspension.

Cette limitation de la vitesse vient absolument à l'encontre du but poursuivi par l'emploi du moteur à mélange tonnant ; si l'on ne doit pas gagner du temps, la traction hippomobile reste beaucoup plus économique.

En résumé, la situation des poids lourds est exactement celle où se trouvait l'automobile de tourisme avant l'emploi des pneumatiques ; les trépidations et les chocs de la route, transmis au châssis et à tous les organes mécaniques, usaient rapidement les moteurs et les transmissions, désagrégeaient les attaches et altéraient rapidement la qualité du métal. Renforcer les organes, c'était les alourdir sans profit sérieux pour leur durée. Actuellement les châssis de poids lourds sont très pesants, les moteurs, les liaisons, les points d'attache sont renforcés, et les roues, qu'elles soient ferrées ou munies de caoutchouc plein, donnent les mêmes résultats : trépidations nuisibles et faible vitesse.

M. Michelin indique les résultats de quelques-unes des expériences faites au nombre de 53, il y a trois ans, et qui l'incitèrent à ne pas entreprendre la fabrication des bandages pleins.

On fit rouler, à la vitesse de 25 km à l'heure, une roue, chargée d'un poids de 500 kg, et munie tantôt d'un bandage plein, épais de 63 mm, tantôt d'un pneumatique, sur un volant, dont la jante, exceptionnellement large, pouvait recevoir, par un dispositif simple, différents objets saillants : les déplacements du moyeu de la roue furent relevés au moyen d'un style qui les inscrivait en vraie grandeur sur un cylindre enregistreur tournant à une vitesse uniforme.

Le volant figurait donc exactement le sol avec ses obstacles, la roue était une roue de voiture.

Un premier examen des courbes permet de constater que, sur toutes, le style indique des vibrations permanentes, atteignant 6 à 7 mm d'amplitude pour le plein et seulement 1/2 mm pour le pneu, même en l'absence d'aucun obstacle. Or ces vibrations ne proviennent pas des roues, sur lesquelles le pneu, ou le plein, était monté, parce qu'elles avaient été tournées avec soin; elles proviennent uniquement du léger faux rond du volant. Mais elles n'en sont pas moins fort intéressantes, puisqu'elles donnent déjà une première idée de l'infériorité du caoutchouc plein vis-à-vis du pneumatique, infériorité confirmée par le passage de la roue successivement sur quatre obstacles.

Les quatre obstacles avaient respectivement : le premier et le deuxième 20 mm de hauteur, le troisième et le quatrième 30 mm, mais les obstacles 1 et 3 étaient de simples fers demi-ronds, tandis que les obstacles 2 et 4 étaient allongés.

Dans ces conditions, sur l'obstacle 1 (demi-rond de 20 mm de hauteur), le pneumatique accuse une surélévation du moyeu de 4 mm, tandis que le plein accuse 10 mm. Le pneumatique boit donc les 4/5 de l'obstacle, et le plein n'en boit que la moitié.

De même, sur l'obstacle 2 (obstacle allongé de 20 mm de hauteur), le pneumatique fait soulever le moyeu de la roue de 9 mm, tandis que le plein le fait sursauter de 29 mm. Le plein, non seulement commence à refuser de boire l'obstacle, mais encore fait rebondir la roue de 9 mm en plus.

Sur l'obstacle 3 (demi-rond de 30 mm de hauteur) le pneumatique donne un soulèvement de 7 mm, buvant ainsi les 3/4 de l'obstacle, et le plein en donne un de 26 mm.

Enfin, sur l'obstacle 4 (obstacle allongé de 30 mm de hauteur) le pneumatique fait soulever le moyeu de 11 mm, tandis que le plein le soulève de 59 mm.

L'ensemble des diagrammes montre que, dans tous les cas, le soulèvement du moyeu, lorsque la roue est munie d'un pneumatique, est inférieur à la hauteur de l'obstacle, tandis que le soulèvement correspondant au plein est toujours supérieur (sauf dans le premier cas, obstacle minimum). Le plein n'empêche donc pas la roue de sursauter plus haut que l'obstacle, et même il arrive que le style se refuse à inscrire nettement les secousses du moyeu lorsqu'on opère sur un bandage plein.

En répétant une dernière fois l'expérience faite avec des caoutchoucs pleins, sur les obstacles de 30 mm, les arbres en acier de la roue et du volant (arbres dont les diamètres étaient respectivement de 45 et de

60 mm) se faussèrent. C'est pour cette raison que l'on dut renoncer à continuer les expériences sur des obstacles plus élevés.

Dans la pratique, on retrouve les mêmes effets désastreux pour les essieux.

La rupture des essieux fut l'un des motifs qui déterminèrent la Compagnie des Petites Voitures à adopter le pneumatique. Avec la roue ferrée, la proportion des essieux brisés annuellement était de 7 0/0 ; après l'adoption du pneumatique, elle tomba à 1/4 0/0.

A l'heure actuelle, le poids mort d'un autobus est de 4 620 kg pour un poids utile transporté de 2 390 kg. Quel avantage le jour où l'on pourra économiser ne serait-ce que le quart de ce poids mort !

Ces constatations faites, M. Michelin indique que la solution du bandage pour poids lourds est le *pneumatique jumelé*.

Ce bandage a été essayé pendant deux années et demie à l'usine, mais la recherche d'une jante amovible mieux appropriée que la jante actuelle au service requis fut la cause de certains mécomptes.

Le bandage jumelé peut être constitué, suivant le poids qu'il aura à supporter, de deux ou plusieurs pneumatiques amovibles dont les enveloppes sont fabriquées spécialement et qui sont placées côte à côte sur la même roue.

Il est clair cependant que les conditions de souplesse et de résistance spéciales à ce pneumatique étaient à étudier : la nécessité d'une construction spéciale provient de ce que le pneumatique est, en fait, une sorte de compromis entre différentes qualités, qui s'excluent quelque peu les unes les autres : si, par exemple, on veut augmenter la résistance sous une charge donnée, on est fatalement conduit à diminuer par ailleurs la résistance aux grandes vitesses. Puisqu'il fallait obtenir un pneumatique pour vitesses moyennes (25 km environ étant une bonne vitesse de véhicules industriels), on n'avait que faire de la résistance aux grandes vitesses et il convenait de modifier la construction, de manière à accroitre la résistance sous la charge. L'enveloppe de pneu jumelé serait donc une mauvaise enveloppe de tourisme, mais on ne lui demande pas de faire du tourisme, on lui demande seulement de porter des chargements industriels.

D'autre part, ces pneumatiques spécialement fabriqués sont placés par deux, par trois, par quatre, accolés sur la même roue. C'est là qu'est l'idée nouvelle et dont le résultat a été excellent. On pouvait craindre cependant que deux pneumatiques placés l'un à côté de l'autre, roulant ensemble, exposés ensemble aux aspérités, aux fatigues de la route, périraient à peu près dans le même délai qu'un pneu unique. Il n'en est heureusement rien et on a pu constater que les deux pneumatiqus jumelés travaillant côte à côte duraient de trois à sept fois plus longtemps que le pneumatique unique. Il y a donc, dans la plupart des cas, un avantage considérable à les adopter.

D'où vient cette augmentation de durée ?

La loi du poids dit que : « l'usure d'un pneumatique est sensiblement proportionnelle au cube du poids porté. »

Il est évident que plaçant en même temps deux pneumatiques là où il n'y en avait qu'un, on diminue l'usure dans un rapport qui devrait

être d'environ de 1 à 8. Cette loi devient fausse quand les poids sont très légers et cette loi est fausse en tous cas quand la route est particulièrement mauvaise (silex, aspérités, etc.).

Le pneumatique jumelé est aussi plus résistant ; il souffre moins du freinage, cette cause terrible d'usure des pneumatiques, parce que deux pneumatiques jumelés ont quatre parois d'enveloppe appelées à supporter l'effort du frein, tandis que le pneumatique unique n'en a que deux.

Une série de 72 expériences démontra en outre qu'à gonflage égal un pneumatique de petit diamètre de boudin boit mieux l'obstacle qu'un pneumatique de plus gros diamètre.

Ce sont ces qualités que, lorsqu'en 1895 lui fut présentée la première voiture munie de pneumatiques, M. Armand Peugeot reconnut en disant : « Comme mon moteur va être bien là-dessus ».

Le constructeur de poids lourds, habitué aux voitures sur roues ferrées ou munies de caoutchoucs pleins, dira la même chose quand il descendra d'un omnibus ou d'un camion muni de pneumatiques jumelés.

M. le Président remercie M. Michelin et dit que la conception qui vient d'être exposée est certainement intéressante et originale.

M. le Président donne la parole à M. E. Lamy pour sa communication sur la *Soie artificielle* (1).

M. E. Lamy dit que l'idée de produire artificiellement des filaments possédant le brillant et l'éclat de la soie naturelle est déjà ancienne ; on la trouve exprimée chez Réaumur, en 1734, mais elle ne fut réalisée qu'en 1885, par un Ingénieur français, le comte Hilaire de Chardonnet. Les premiers échantillons parurent à l'Exposition de 1889 et valurent à l'inventeur un grand prix. Une usine fut créée à Besançon, en 1891, mais ce ne fut qu'après dix années d'efforts que M. Chardonnet et ses dévoués collaborateurs purent enfin arriver, grâce à leur foi robuste dans le succès final, à produire *industriellement* de la soie artificielle.

Avant de décrire le procédé, M. Lamy rappelle le travail du ver à soie, ce manufacturier très habile qui utilise la cellulose de la feuille du mûrier et la transforme en la matière première nécessaire à son industrie. Cette matière, ainsi élaborée, sort sous forme de fil excessivement fin, 0,18 mm, par la trompe de l'insecte, formant filière.

Le procédé Chardonnet comprend trois parties :

1° Préparation de la matière première ;

2° Filage de cette matière ;

3° Dénitration.

La matière première est la *cellulose*. On emploie de la pâte à papier ou des fibres de coton convenablement préparées. On les traite par un mélange d'acides nitrique et sulfurique chauffé à 40 degrés centigrades. On obtient ainsi de la *pyroxiline*, ou fulmi-coton, que l'on dissout dans un mélange d'alcool et d'éther. La masse pâteuse verdâtre que l'on produit constitue un *sirop de collodion* qui peut être filé.

La filature de ce sirop épais s'opère sous une pression considérable à travers des tubes capillaires en verre dont l'orifice a un diamètre de 0,10

(1) Mémoire : voir Bulletin de mars, p. 316.

à 0,20 mm. Au sortir de la filière, le fil tréfilé visqueux est plong
un liquide approprié où il se coagule (solution saline, ou eau ac
ou alcool), puis il est enroulé sur des bobines. A cet état,
brillant comme la soie, mais éminemment inflammable.

Pour atténuer autant que possible ce défaut capital, on le soum
troisième opération, la *dénitration*.

Cette opération consiste à traiter le fil de nitrocellulose par un
tion de substance réductrice qui le ramène à l'état de fil de cel
On emploie l'hyposulfite de soude, ou un sulfhydrate de sodiu
d'ammonium, etc.

Le fil est ensuite lavé, blanchi, séché; enfin la teinture s
comme celle du coton.

M. Lamy soumet à l'Assemblée de nombreux spécimens de c
blancs ou teints qui proviennent de Besançon, de Tubize, etc. Le b
est parfait, mais la résistance, surtout à l'état humide, laisse bea
à désirer. C'est là un grave défaut de toutes les soies artificielles
lequel on a cherché en vain à réagir jusqu'ici.

L'industrie toute française créée par le comte de Chardonne
répandue dans plusieurs pays et il existe sept ou huit usines exp
le procédé en Europe.

Le succès des produits Chardonnet a naturellement suscité la
currence.

Parmi les très nombreux procédés plus ou moins brevetés, i
existe à l'heure actuelle que deux qui soient vraiment appliqués i
triellement :

1° Le procédé cuproammoniacal (soies parisiennes, d'Ysieux, G
toff, etc.);

2° Le procédé au xanthate de cellulose, soie viscose.

1° Le principe du procédé cuproammoniacal est le suivant : la
lose, convenablement préparée (c'est-à-dire généralement des d
de coton mercerisés), est dissoute dans une solution de cuivre et
moniaque, puis passée à la filière et précipitée directement au r
d'un acide sous forme d'un filament n'ayant plus à subir aucun
traitement chimique.

Le fil est brillant et se tient facilement ; il est fort apprécié. So
de revient est inférieur à celui du fil Chardonnet.

M. Lamy montre des échantillons de ces fils et aussi de crins
ciels, etc., qui lui ont été remis par M. l'Administrateur de la S
de « la soie parisienne » (usine de Givet);

2° En traitant la cellulose sodique ou mercerisée par le sulfu
carbone, on obtient un produit qui, dissous dans l'eau ou les liq
alcalines, donne une solution dénommée *viscose*.

La viscose est filée directement ; au sortir de la filière, le filam
plongé dans un bain composé d'acide sulfurique, sulfate d'ammon
et sulfate de soude, et chauffé à 50 degrés ; puis lavé à l'eau et
sous tension à une température inférieure à 80 degrés. Le fil est e
passé dans une solution tiède de sulfure de sodium, lavé, blanchi
essoré, séché, trié et numéroté avant d'être empaqueté.

La soie viscose a les mêmes qualités et les mêmes défauts q

précédentes ; elle est plus économique. Des échantillons fort intéressants, confiés par la Société française de la viscose, sont mis sous les yeux de l'Assemblée.

Pour atténuer le manque de résistance, surtout à l'état humide, de la soie artificielle, on a proposé une foule de procédés : aucun n'a donné jusqu'ici satisfaction. On dit cependant que le procédé de M. Eschalier, de Lyon, appelé *sthénosage*, est réellement efficace. M. Lamy décrit rapidement le procédé, mais déclare ne pouvoir se prononcer sur les bons résultats qu'on assure en obtenir.

En résumé, on produit actuellement par les trois procédés décrits — nitrocellulose, cuproammoniacal, et de la viscose — des filaments soyeux analogues à la soie, qui peuvent pour certains usages se substituer à la vraie soie ; ils ont plus de brillant, mais moins de souplesse et un toucher différent ; leur défaut capital est d'être moins résistants, surtout à l'état humide ; un autre inconvénient est leur poids spécifique supérieur de 10 0/0, ce qui cause à l'emploi, pour le même poids, une diminution de recouvrement assez sensible.

M. Lamy souhaite que l'on puisse remédier un jour à ces inconvénients, et alors les emplois de la soie artificielle deviendront considérables.

On produit déjà 3 000 000 kg par an, soit :

Soie nitro-cellulose	1 200 à 1 500 000 kg
Soie cuproammoniacale	1 000 à 1 200 000 —
Soie viscose	400 à 500 000 —

La production de la France est de 500 000 à 600 000 kg pour les trois sortes.

Les prix de revient varient suivant le procédé de 10 à 15 f le kilogramme.

En terminant M. Lamy montre à ses collègues une belle collection d'étoffes variées, garnitures, galons, crins, gaze, étoffes d'ameublement, en mélange avec la soie, le coton ou la laine qui lui ont été confiés par les Sociétés déjà nommées.

M. le Président dit à M. Lamy que sa communication a vivement intéressé les auditeurs en leur faisant connaître, avec une science de chimiste et un talent d'exposition auxquels il se plaît à rendre hommage, une industrie toute française, comme l'a dit avec raison et fierté notre Collègue. M. le Président espère que cette industrie, née dans notre pays, se développera et contribuera ainsi à l'accroissement de notre industrie nationale. Les Collègues de la Société qui n'ont pu entendre cette communication en liront le compte rendu avec le plus grand intérêt.

M. le Président, d'accord avec le Comité, propose à la Société de nommer, comme Membres d'honneur, M. de Lapparent, Membre de l'Institut, géologue bien connu, et M. Voisin-Bey, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'admission définitive de ces Messieurs sera prononcée, suivant le règlement, à la séance du 15 mai prochain.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'a
sion de MM. L. Ch. Bosch-Labrus, P. Breuil, A. Garcia Font, A.
Grebel, R. Henrique, E. E. L. de Seynes, F. Cambessèdes, R. M.
tier, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. M. Bormann, G. Collignon, H. L. A. Guyon. H. C. Hoov
Th. Mourgault, H. J. Mignot-Mahon sont admis comme Me
Sociétaires Titulaires :

M. N. L. Lebrec, comme Membre Sociétaire Assistant et

MM. F. J. de Saint-Cric et P. C. Picot, comme Membres Assoc

La séance est levée à onze heures trente-cinq.

L'un des Secrétaires technique
G. Lumet.

NOUVEAU DISPOSITIF DE PNEUMATIQUE POUR POIDS LOURDS

PAR

M. A. MICHELIN (1)

L'automobile a réalisé un chiffre d'affaires prodigieux, s'élevant à plusieurs centaines de millions, presque au milliard de francs; et pourtant, elle s'est cantonnée, jusqu'ici, dans une partie de sa mission; elle est restée un objet de luxe, renonçant presque complètement, par impuissance, avouons-le, à tourner ses visées vers l'utilisation industrielle, transports en commun ou transports des marchandises, autrement dit vers les « poids lourds ».

Pourquoi cet énorme succès, d'une part, cet échec, de l'autre? C'est ce que nous voudrions exposer en quelques mots.

Rappelons tout d'abord que c'est grâce à l'adjonction des pneumatiques que l'automobile de tourisme s'est développée de si merveilleuse façon; avec son coussin d'air, formant un ressort parfait, le pneu constitue ce que M. de Dion appelait, dès 1896, le « rail » de l'automobile.

Malheureusement le pneumatique s'est montré, jusqu'à présent, rebelle aux poids lourds, et cela pour deux raisons :

On ne peut, en premier lieu, compter faire porter au pneu du plus fort diamètre une charge supérieure à 700 kg.

D'un autre côté, au point de vue économique, le pneu s'est trouvé aussi inférieur. Cela tient à ce fait, que de très nombreuses expériences nous ont permis de mettre en lumière sous la forme empirique suivante : « La durée kilométrique d'un pneu est inversement proportionnelle au cube du poids qu'il supporte ».

Il en résulte, par exemple, que :

Si l'on double le poids, l'usure sera, en moyenne, huit fois plus rapide.

Si on augmente seulement ce poids de 5 0/0, ce qui n'est rien

(1) Voir séance du 3 avril, page 513.

l'usure correspondante sera augmentée d'environ 15 0/0, c
est déjà beaucoup.

Donc, aussitôt qu'on a voulu augmenter le poids suppor
s'est heurté à une usure si rapide des pneus, qu'il a
renoncer à leur emploi.

On a, par suite de cet impossibilité où l'on se trouvait
ployer ce merveilleux ressort qu'est l'air comprimé, été
de conserver le bandage en caoutchouc plein, pour attén
bruit et réduire la brutalité des chocs. Malheureuseme
caoutchouc, s'il jouit d'une élasticité remarquable, s'il es
lement déformable, est, en revanche, chose curieuse et
ralement ignorée, presque incompressible, beaucoup plus i
pressible, en tous cas, que la majeure partie des corps so
en utilisant, par conséquent, des bandages en caoutchouc
on est arrivé sensiblement au même résultat pour la suspe
que si on avait employé des pneus remplis d'eau. Dans un
ainsi gonflé, le choc contre un obstacle produit une petite
mation, par suite du faible déplacement des molécules
relativement peu mobiles les unes sur les autres, tand
dans un pneu rempli d'air, le même choc cause une trè
déformation, par suite du déplacement instantané de tou
tranche d'air comprimé, les molécules étant ici extrêm
mobiles.

En définitive, le caoutchouc plein a bien l'avantage de sup
le bruit, mais au point de vue de l'amortissement des ch
ne donne guère des résultats plus satisfaisants que les s
roues ferrées. Il ne permet, en outre, qu'une faible augme
de la vitesse, si bien que certains des meilleurs constru
de poids lourds conseillent maintenant l'emploi des roues f
en même temps que des vitesses n'excédant pas 14 à 1
l'heure, selon les poids et la perfection de la suspension.

Cette limitation de la vitesse vient, il faut le remarquer
lument à l'encontre du but poursuivi par l'emploi du m
explosion; si l'on ne doit pas gagner de temps, la traction
mobile reste beaucoup plus économique.

En résumé, à l'heure actuelle, la situation des poids
est exactement celle où se trouvait l'automobile de to
avant que nous lui eussions appliqué le pneumatique : le
dations et les chocs de la route, transmis au châssis et à
organes mécaniques, usaient rapidement le moteur et les
missions, désagrégeaient les attaches et altéraient la qu

métal. Renforcer les organes, c'était les alourdir sans profit sérieux pour leur durée; et c'est ce qui se passe en ce moment pour les poids lourds : les châssis sont très pesants, les moteurs, les liaisons, les points d'attache sont renforcés, donc très lourds, et les roues, qu'elles soient ferrées ou munies de caoutchoucs pleins, donnent les mêmes résultats : trépidations nuisibles et faible vitesse.

Nous ne saurions mieux faire, pour illustrer cette description d'un exemple, que de prendre celui des autobus de Paris.

Actuellement, le poids mort d'un autobus est de 4620 kg pour un poids utile transporté de 2 380 kg : d'autre part, l'effet des trépidations sur les mécanismes est tel que sur 162 autobus qu'elle possède, la Compagnie ne peut en avoir en service que 97 au maximum; il y a donc un déchet permanent de 65 voitures, soit 40 0/0, bien que les ateliers de réparation et d'entretien comportent un personnel de 200 mécaniciens et ajusteurs. Encore y a-t-il lieu de remarquer que le plus ancien des autobus est à peine vieux d'un an et demi...

La question du bandage convenable pour les véhicules industriels est donc restée entière et sans solution; et c'est justement parce que le bandage plein nous semblait ne devoir jamais satisfaire les constructeurs que nous avons toujours refusé d'en entreprendre la fabrication.

Ce refus était motivé par les résultats d'expériences nombreuses faites, il y a déjà trois ans, dans le but d'étayer scientifiquement notre conviction, à savoir que le caoutchouc plein est incapable d'amortir les trépidations et aussi de franchir les obstacles sans transmettre les chocs au mécanisme. Ces expériences ont été faites exactement au nombre de cinquante-trois; vous me permettrez de ne mettre sous vos yeux que le résultat de huit d'entre elles, le temps, qui m'est strictement mesuré, ne me permettant pas de vous en montrer un plus grand nombre.

Nous avons fait rouler, à la vitesse de 25 km à l'heure, une roue A *(fig. 1)*, chargée d'un poids de 500 kg, et munie, tantôt d'un pneumatique, tantôt d'un bandage plein, épais de 63 mm, sur un volant B, dont la jante, exceptionnellement large, pouvait recevoir, par un dispositif simple, différents objets saillants ; les déplacements du moyeu de la roue A ont été relevés au moyen d'un style qui les inscrivait en vraie grandeur sur un cylindre C, tournant à une vitesse uniforme.

Le volant B figurait donc exactement le sol avec ses obst
la roue A était une roue de voiture.

Un premier examen des courbes permet de constater qu
toutes, le style indique des vibrations permanentes, attei
6 à 7 mm d'amplitude pour le plein. et seulement un demi-
mètre pour le pneu, même en l'absence d'aucun obstacle. (
vibrations ne proviennent pas des roues sur lesquelles
avions monté le pneu ou le plein, parce qu'elles avaien
tournées avec soin; elles proviennent uniquement du
faux rond du volant. Mais elles n'en sont pas moins fort

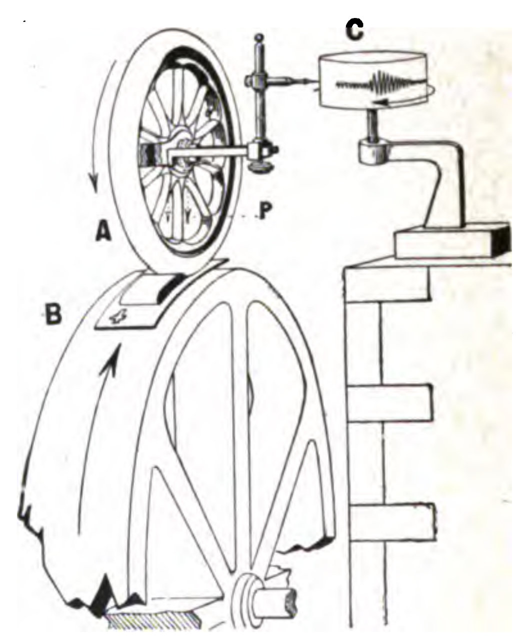


Fig. 1.

ressantes, car elles donnent déjà une première idée de l
riorite du caoutchouc plein sur le pneu, infériorité conf
par le passage de la roue sur les quatre obstacles.

Les quatre obstacles qui ont donné les présents diagra
et qui étaient placés sur le volant B avaient respectiveme
premier et le deuxième, 20 mm de hauteur, le troisième
quatrième 30 mm; mais les obstacles 1 et 3 étaient de si
fers demi-ronds, tandis que les obstacles 2 et 4 étaient allo

Dans ces conditions, sur l'obstacle 1 (demi-rond de 20 m
hauteur), le pneumatique accuse une surélévation du moy

4 mm (*fig.* 2), tandis que le plein accuse 10 mm (*fig.* 3). Le pneu boit donc les quatre cinquièmes de l'obstacle — la perfection n'est pas de ce monde — et le plein n'en boit que la moitié.

La différence s'accentue à mesure que nous faisons passer la roue sur des obstacles plus considérables; sur l'obstacle 2 (obstacle allongé de 20 mm de hauteur), le pneu fait soulever le moyeu de la roue de 9 mm (*fig.* 4), tandis que le plein le fait sursauter de 29 mm (*fig.* 5). Le plein, non seulement commence à refuser de boire l'obstacle, mais encore fait rebondir la roue de 9 mm en plus de la hauteur de cet obstacle.

Sur l'obstacle 3 (demi-rond de 30 mm de hauteur), le pneu donne un soulèvement de 7 mm (*fig.* 6), buvant ainsi les trois quarts de l'obstacle, et le plein en donne un de 26 mm (*fig.* 7).

Enfin, sur l'obstacle 4 (obstacle allongé de 30 mm de hauteur), le pneu fait soulever le moyeu de 11 mm (*fig.* 8), tandis que le plein le soulève de 59 mm (*fig.* 9).

L'ensemble de ces diagrammes montre que, dans tous les cas, le soulèvement du moyeu, lorsque la roue est munie d'un pneumatique, est inférieur à la hauteur de l'obstacle, ce qu'on exprime depuis longtemps en disant que le « pneu boit l'obstacle », tandis que le soulèvement correspondant du plein est toujours supérieur, sauf dans le premier cas, obstacle minimum. Le plein n'empêche donc pas la roue de sursauter plus haut que l'obstacle, et même il arrive que le style se refuse à inscrire nettement les secousses du moyeu lorsqu'on opère sur un bandage plein, semblant ainsi dire « zut » au caoutchouc plein!

Nous pouvons enfin dire, en passant, qu'en voulant répéter une dernière fois l'expérience faite avec des caoutchouc pleins, sur les obstacles de 30 mm, les arbres en acier de la roue et du volant (arbres dont les diamètres étaient respectivement de 45 et 60 mm) se sont faussés. C'est même pour cette raison que nous avons dû renoncer à poursuivre nos expériences sur des obstacles plus élevés.

Ce que le caoutchouc plein a fait sur notre appareil enregistreur, ne doutons pas qu'il le fasse aux différents éléments d'une voiture; doutons-en d'autant moins que, comme nous l'avons dit plus haut, pour éviter la rupture de leurs essieux, les fabricants de poids lourds ont été obligés de les renforcer dans des proportions considérables. Nous avons vu, l'autre jour, des essieux en acier forgé, constitués par des fers à I, dont la hauteur était de 22 cm, et, d'autre part, je puis vous dire que,

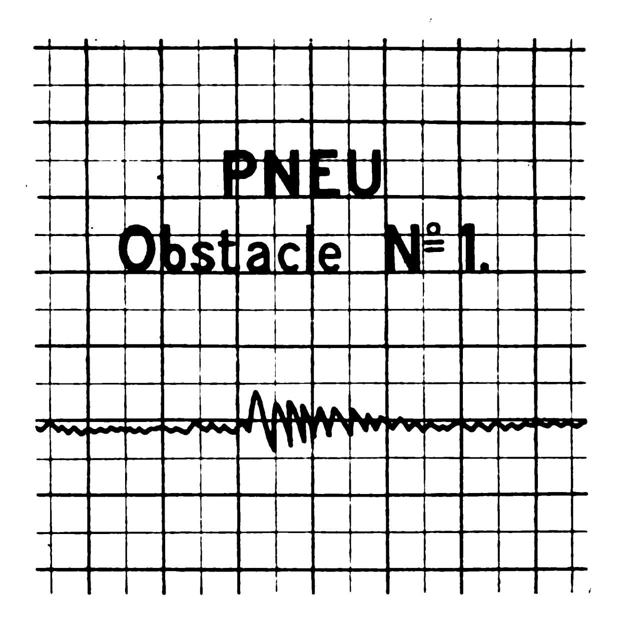


Fig. 2.

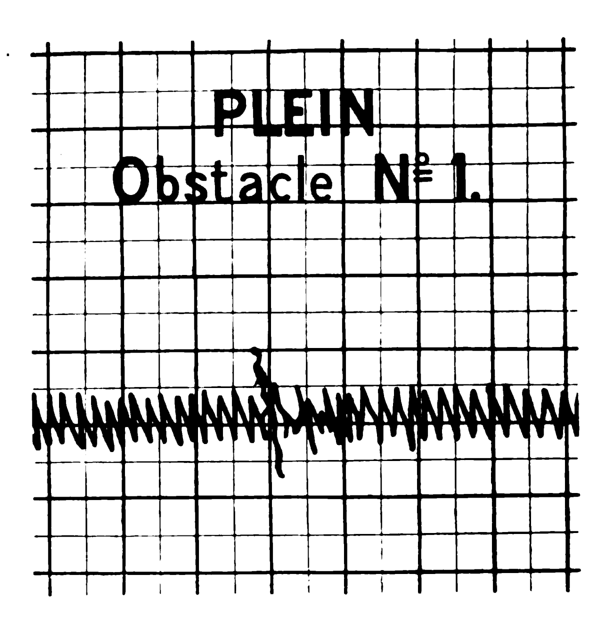


Fig. 3.

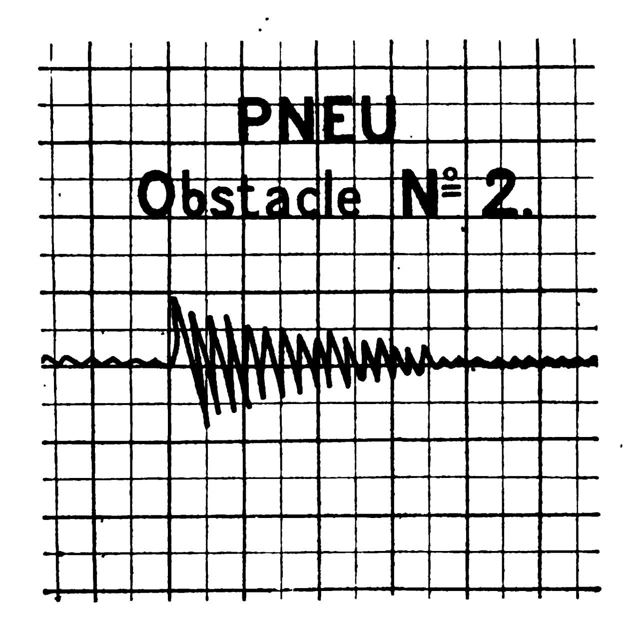


Fig. 4.

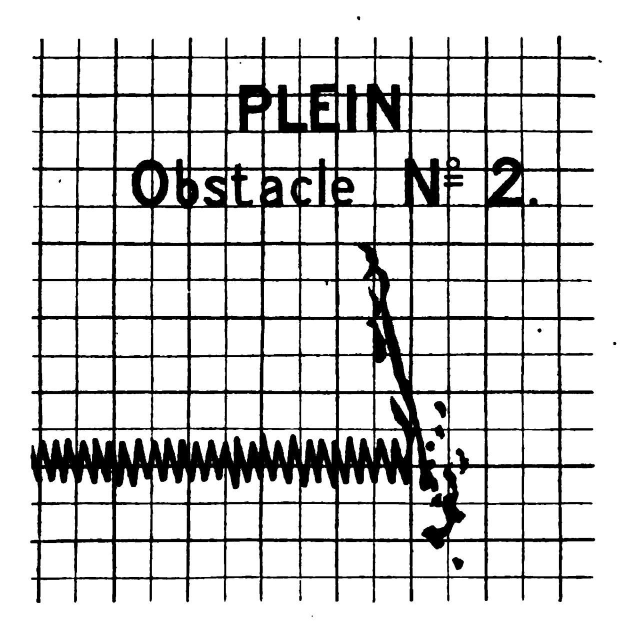


Fig. 5.

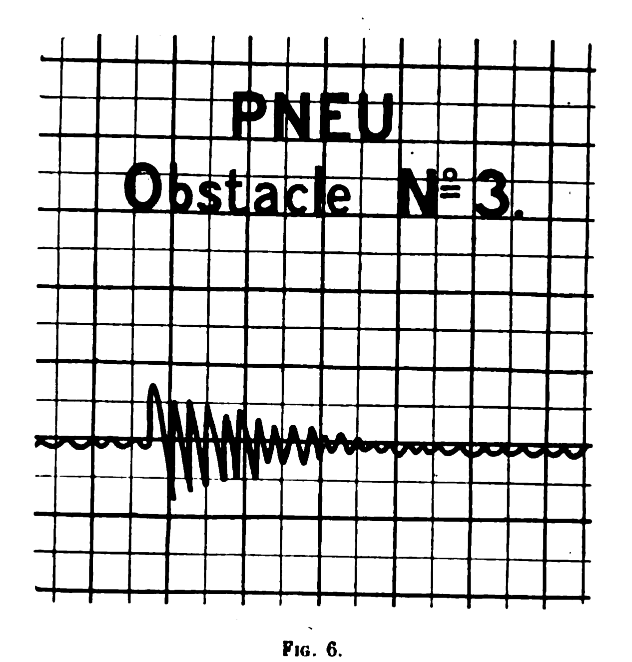


Fig. 6.

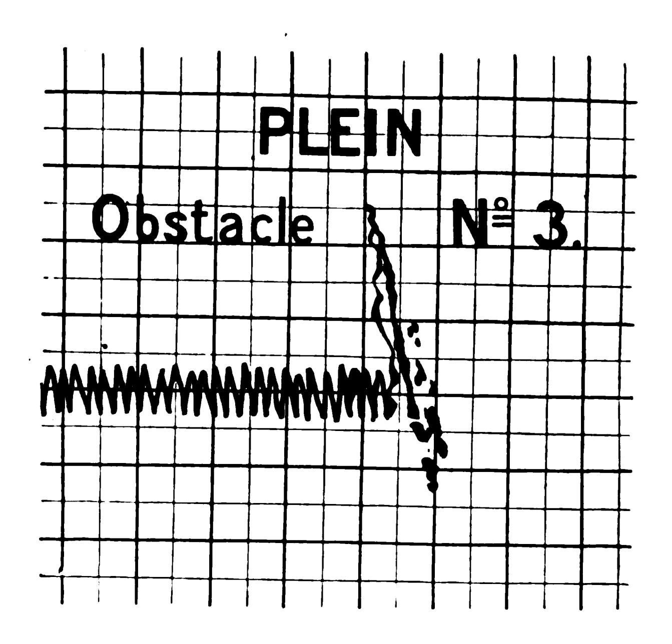


Fig. 7.

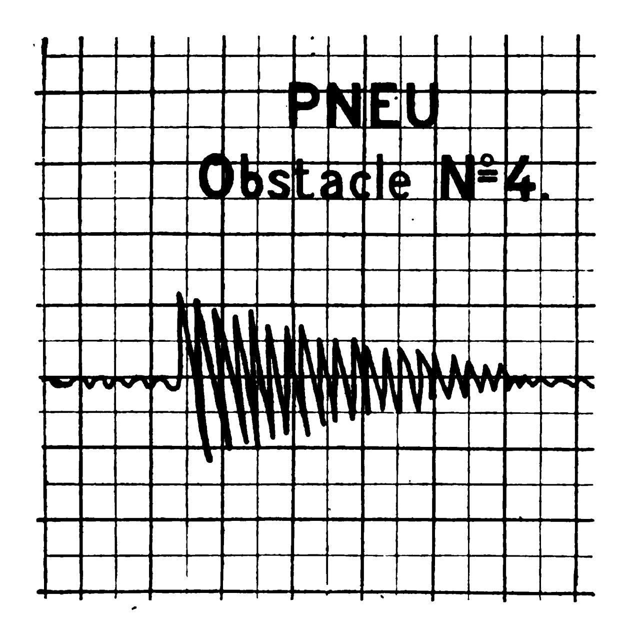


Fig. 8.

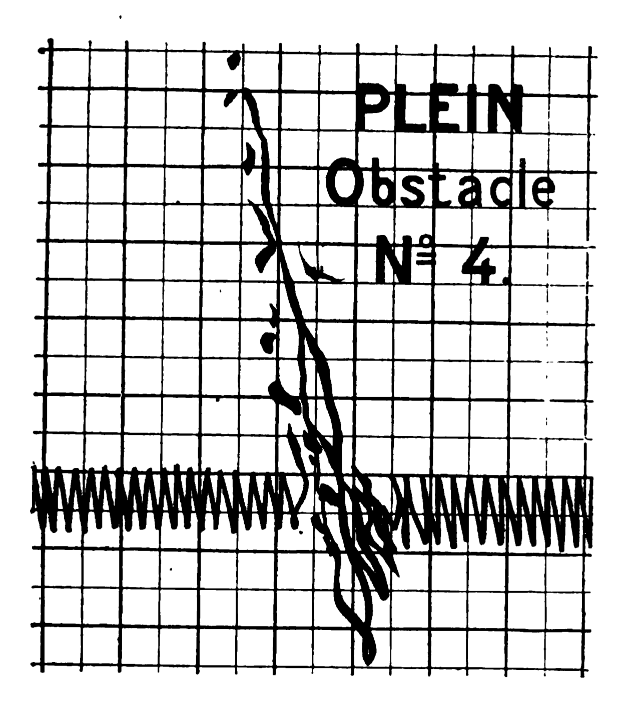


Fig. 9.

lorsque la Compagnie des Petites Voitures, en 1902, a
d'adopter le pneumatique pour ses fiacres, un des motif
minants de sa décision a été les nombreuses ruptures de
d'essieux.

Avec la roue ferrée, la proportion des fusées brisées a
lement était de 7 0/0; après l'adoption du pneu, elle est
à 0,25 0/0.

Mais, dira-t-on, cette démonstration de la faillite du caou
plein, cet aveu d'impuissance pour le pneu, tout cela

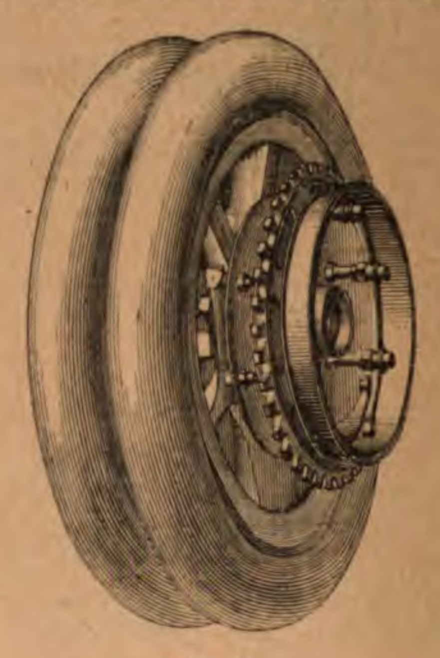


Fig. 10.

donne pas de solution. Quel est donc le bandage pour poids

Le bandage pour poids lourds, c'est le pneu jumel
avons essayé ce bandage pendant deux ans et demi dan
usine, mais nous avons été longtemps retardés par les mé
que nous éprouvions dans la recherche d'une jante a
mieux appropriée que notre jante actuelle au service q
avions à lui demander.

Le bandage jumelé peut être constitué, suivant le poi
aura à supporter, de deux ou plusieurs pneumatiques an
dont les enveloppes sont fabriquées spécialement et
placés côte à côte sur la même roue (*fig. 10 et 11*).

Il est clair que les conditions de souplesse et de résistance spéciales à ce pneu étaient à étudier; la nécessité d'une construction spéciale provient de ce que le pneumatique est, en fait, une sorte de compromis entre différentes qualités, qui s'excluent quelque peu les unes les autres. Si, par exemple, on veut augmenter la résistance sous une charge donnée, on est fatalement conduit à diminuer par ailleurs la résistance aux grandes vitesses. Puisqu'il fallait obtenir un pneumatique pour vitesses moyennes (25 km environ étant une bonne vitesse pour véhicules industriels), nous n'avions que faire de la résistance aux grandes vitesses, et il convenait de modifier la construction de

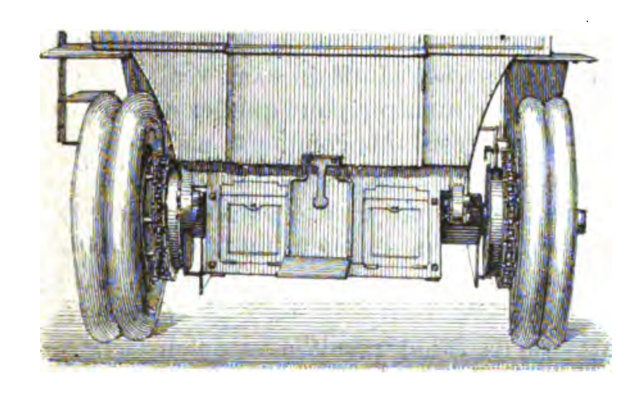


Fig. 11.

manière à accroître la résistance sous la charge. L'enveloppe du pneu jumelé serait donc, il faut le dire, une mauvaise enveloppe de tourisme, mais on ne lui demande pas de faire du tourisme, on lui demande seulement de porter des chargements industriels.

D'autre part, ces pneus, spécialement fabriqués, nous les plaçons par deux, par trois, par quatre, accolés sur la même roue. C'est là qu'est l'idée nouvelle, et dont le résultat a été excellent. On pouvait craindre cependant que deux pneus, placés l'un à côté de l'autre, roulant ensemble, exposés ensemble aux aspérités, aux fatigues de la route, périraient à peu près dans le même délai qu'un pneu unique. Il n'en est heureusement rien, et nous avons eu le plaisir de constater que les deux pneus jumelés, travaillant côte à côte, duraient de trois à sept fois plus longtemps que le pneu unique. Il y a donc, dans la plupart des cas, un avantage considérable à les adopter.

D'où vient cette augmentation de durée?

Je regrette que le temps m'oblige à écourter, car il y a l
choses très intéressantes à dire.

Les pneus jumelés, comme nous venons de le dire, au li
s'user aussi vite qu'un pneu unique, durent de trois à sep
plus longtemps. Ils suivraient la loi que nous rappelions t
l'heure et que nous connaissons à l'usine sous le nom de l
poids, à savoir : « L'usure d'un pneumatique est sensible
proportionnelle au cube du poids qu'il supporte », ils suivra
pensons-nous, cette loi, si les conditions de travail étaient r
reusement identiques; mais il n'en est pas ainsi, car les
rités, les silex, les fatigues de la route peuvent agir différem
sur l'un ou l'autre bandage.

D'ailleurs, la loi du poids elle-même devient fausse si les p
supportent des poids très réduits ou exagérés.

J'aurais voulu aussi montrer pour quelles raisons pratiq
pneu jumelé est plus résistant; comment, par exemple, il s
moins du freinage, cette cause terrible d'usure des pneus,
que deux pneus jumelés ont quatre parois appelées à supp
l'effort du frein, tandis que le pneu unique n'en a que de

J'aurais voulu montrer, enfin, une série de soixante-
expériences desquelles il résulte qu'à gonflage égal un
de petit diamètre de boudin boit mieux l'obstacle qu'un
de plus gros diamètre.

On voit quel avantage il y a là pour le pneu jumelé et
avantage il y a pour la qualité de la suspension qu'il pr
au mécanisme et aux objets transportés.

Lorqu'en 1895, nous avons présenté notre première v
munie de pneumatiques à M. Armand Peugeot, il dit au r
d'une courte promenade : « Comme mon moteur va être bi
dessus! »

Le constructeur de poids lourds, habitué aux voiture
roues ferrées ou munies de caoutchoucs pleins, dira la r
chose lorsqu'il descendra d'un omnibus ou d'un camion
de pneu jumelés.

On peut donc entrevoir le jour prochain où l'automobile
comme on dit, démocratisée par la généralisation des trans
en commun et, où, comme le pneu ordinaire a tué le caout
plein pour voitures de tourisme, le pneu jumelé tuera le
sur les véhicules industriels.

LES PROCÉDÉS

DE

L'INDUSTRIE ALLEMANDE

PAR

M. Victor CAMBON (1)

A vouloir décrire l'Allemagne industrielle après tout ce qui en a été publié dans les livres, les revues, les périodiques scientifiques, les conférences, les parlements, il y a peut être quelque témérité. Je crois cependant que, sans répéter ce qui a été dit, on peut encore intéresser et instruire; d'abord parce qu'il s'en faut que tout ait été dit sur ce pays, et que d'autre part, les changements et les progrès s'y accomplissent avec une telle rapidité que le livre d'hier est en retard sur la réalité d'aujourd'hui; enfin parce que nous ne serons jamais trop renseignés sur des voisins qui, eux, s'informent par tous les moyens de ce qui se passe chez nous. Je m'appliquerai surtout à ne présenter que des manifestations récentes de l'œuvre ou plutôt des tendances industrielles du peuple allemand.

Cette tâche m'est facilitée par la connaissance du pays, que je n'ai cessé de parcourir en tous sens depuis vingt-cinq ans, sur lequel j'ai publié un travail dès 1887 (2) et où je séjourne, de par ma profession, plusieurs mois chaque année.

L'Allemagne avant 1870.

L'orientation soutenue de la nation allemande vers l'industrie et le commerce date de moins d'un demi-siècle. Ce n'est qu'à la suite des grandes guerres 1864-66-70, qui créèrent son unité et assurèrent sa prépondérance en Europe, que s'affirmèrent la productivité et l'expansion commerciale de l'Allemagne, lentes

(1) Séance du 1er mai 1908.
(2) De France en Allemagne, par V. Cambon. Masson, 1887.

d'abord, puis progressivement croissantes, au point de d
un sujet d'inquiétude et d'effroi pour ses rivales europé
Il y a cinquante ans, au milieu de cette pléiade d'États i
que réunissaient seuls un langage commun et les lie
zollverein, quelques îlots : Prusse rhénane, Silésie, certaine
saxonnes, le Hartz, Freyberg présentaient alors l'aspect
véritable activité industrielle; le reste du pays semblait
pour longtemps dans une atmosphère féodale, bien que dis
ment scientifique. Mais le réveil fut tout d'un coup gén
c'est la science qui l'opéra ; telle est la première constatati
s'impose.

Au reste, les Allemands n'hésitent pas à faire remonter
grands savants du XIXe siècle Humbolt, Liebig, Thaer, l'c
de leurs progrès.

Géographiquement, l'Allemagne est plutôt un pays pau
part quelques régions privilégiées, telles que les vallées d
et de ses affluents, du moyen Danube, le bassin de l'El
alentours du Hartz (Hanovre méridional et Saxe) et la Sil
pays est de soi-même peu productif. Rien n'y vient sans
Toute la région septentrionale est une plaine inféconde, pa
de tourbières, de dunes et de lagunes, formant parfois le p
le plus monotone et le plus désolé qu'un touriste puis
courir.

Quant aux massifs montagneux, Hartz, Thuringe, Fra
Taunus, Haute-Bavière, ils sont le domaine incontesté
forêt, d'où résulte la navigabilité de la plupart des cours

Tel est le coin de terre sur lequel vit une populatio
l'accroissement est extraordinairement rapide depuis un
et dont le développement industriel et commercial est d
formidable.

Origine du développement actuel.

On a répété à satiété que cette situation du peuple all
est le fruit de la victoire; qu'on me permette d'affirmer q
n'est que partiellement exact. Sans doute le bonheur à la
lui a fourni les premiers fonds qui lui manquaient et, par-
tout, la confiance en son mérite, et, au lendemain de 1870, i
une poussée intense vers les entreprises industrielles. M
démarrage brusque fut loin d'être heureux ; et dès 187

crise terrible s'appesantit sur tout le pays. C'est à ce moment que Bismark, comparant à l'Allemagne la France en plein relèment, crut avoir manqué son œuvre et voulut recommencer la guerre. Des interventions énergiques l'arrêtèrent.

L'industrie et le commerce allemands reprirent tant bien que mal leur équilibre, végétèrent encore quelques années et ne repartirent définitivement d'un large essor qu'après 1885. L'empereur Guillaume II en montant sur le trône (1888) en vit l'avènement : il en a été depuis lors le promoteur ardent, infatigable et démonstratif.

On en connaît les résultats.

Ce n'est pas ici le lieu de multiplier les statistiques de l'industrie et du commerce allemands : on les trouve d'ailleurs partout ; je n'en citerai que quelques chiffres fondamentaux et caractéristiques.

C'est surtout dans ces dernières années qu'ils ont pris une ampleur démesurée.

Quelques statistiques.

Production des combustibles minéraux. — Houille, lignites, tourbes,

1893 —	96	millions de tonnes
1898 —	130	—
1903 —	180	—
1906 —	225	—

La production a plus que doublé en douze années.

Fonte de fer. —

1893 —	4,980	millions de tonnes
1898 —	7,320	—
1905 —	10,900	—
1906 —	12,500	—

Depuis le commencement du siècle, l'Allemagne a dépassé l'Angleterre dans la production sidérurgique.

Sels de potasse de Stassfurt. — On sait que les gisements de Stassfurt constituent à l'Allemagne une sorte de monopole pour cette production qui a passé de :

11 900 000	quintaux en	1885
à 15 300 000	—	1895
et 39 400 000	—	1904

Matières colorantes. — Cinq sociétés, d'une importance co (j'aurai l'occasion de décrire plus loin l'une d'elles) déti la suprématie mondiale de ces produits, dont l'export passé de

79 millions de marks en 1899,
à 119 — en 1906.

Sucres. — La production allemande des sucres de bett qui n'était guère que de 500 mille tonnes en 1875, a 1 million de tonnes en 1890, 1 500 mille tonnes en 189 atteindre près de 2 millions de tonnes dans ces dernières a c'est presque la moitié de la production mondiale.

La construction des appareils électriques — occupe actuel en Allemagne plus de 100 000 ouvriers, représente un évalué à 3 milliards et demi et une production annuelle d de 1 milliard de francs.

Ces diverses industries sont celles (la houille except l'Allemagne s'est assuré une supériorité de production autres États européens ; mais c'est vers toutes les branch fois que le peuple allemand a tourné sa croissante activité derniers nombres que je crois devoir vous donner s totaux en chiffres ronds du commerce général de l'Alle depuis l'année 1900 (1).

1901	— 35	milliards	500	millions de francs
1902	— 35	—	500	—
1903	— 40	—	500	—
1904	— 41	—	000	—
1905	— 44	—	000	—
1906	— 47	—	000	—
1907	— 51	—	000	—

Accroissement de la population.

De l'avis général la cause initiale de ce développeme précédent est l'augmentation de la population qui, en cin ans, a passé de 30 à 62 millions d'habitants et que les ress naturelles du pays ne peuvent depuis longtemps plus n

« Nécessité est mère de l'industrie » est le prover s'applique au peuple allemand contemporain.

(1) *Économiste français*, mars 1908.

Il fallait vivre ; et puisqu'on ne pouvait à nouveau, suivant la vieille méthode prussienne, se jeter sur les voisins pour subsister à leurs dépens, on recourut au travail manuel et surtout aux applications de la science ; car de tout temps on en avait eu le culte.

Culte pour l'instruction et les sciences.

Le voyageur qui parcourt l'Allemagne est généralement frappé de ce fait qu'aucunes maisons isolées ne s'élèvent, comme chez nous, à travers les champs cultivés ; toutes les habitations rurales sont groupées en des agglomérations assez denses, formant parfois de véritables petites villes.

On serait tenté d'attribuer cet état de choses à l'esprit d'association, si développé dans la race germanique, s'il n'existait un autre motif autrement péremptoire : les gouvernements allemands interdisent la construction d'habitations éloignées des villages pour cette raison, avouée et acceptée de tous, que les enfants, par les mauvais jours, seraient exposés à ne pouvoir se rendre à l'école.

Que penser de ce culte pour l'instruction auquel on sacrifie, de propos délibéré, la liberté la plus primordiale des citoyens et qui soumet les parents, s'ils sont négligents de l'éducation de leurs enfants, aux pénalités les plus dures?

Toujours est-il qu'il aboutit à ce résultat, partout ailleurs inconnu, que le pays ne compte pas un millième d'illettrés.

Mais les efforts en faveur de l'enseignement professionnel sont peut-être plus intéressants encore.

Il n'entre pas dans mon cadre de décrire les écoles d'apprentissage populaires de tous les métiers manuels, ni les établissements d'un niveau un peu plus élevé où se forment les états majors subalternes de l'industrie, pas plus que les *Realschulen* ou les *Gymnasium* d'enseignement secondaire ; mais je voudrais m'attarder un instant aux *grandes Écoles Techniques* d'où sortent les savants, les chimistes, les architectes, les Ingénieurs.

Universités et Écoles Techniques.

L'enseignement supérieur en Allemagne est donné dans les *Universités* et les *Écoles Polytechniques.*

Tout a été dit sur les universités allemandes et leur rôle dans

le passé et dans le présent. Actuellement leur nomb
s'accroît pas, mais celui des étudiants qui les fréquentent
d'année en année, et s'augmente en outre d'une foule de
étrangers de tous les pays du monde, attirés tant par la
de l'enseignement que par l'aménagement de plus ou plu
fortable des Instituts qui les composent.

Les Universités sont au nombre de 22; en voici l'énum
dans l'ordre chronologique de leur fondation, dont l'anci
est pour elles un titre de noblesse, leur budget annuel
nombre moyen de leurs élèves.

Villes universitaires	Date de fondation	État	budget en marks
—	—	—	—
Heidelberg	1386	Grand-duché de Bade	850 000
Leipzig.	1409	Saxe	2 500 000
Rostock	1419	Mecklembourg	380 000
Fribourg en Brisgau.	1457	Bade.	700 000
Greisswald	1457	Prusse. . .	950 000
Munich	1472	Bavière . . .	2 800 000
Tubingue	1477	Wurtemberg .	1 050 000
Kœnigsberg	1544	Prusse. . . .	1 100 000
Iéna.	1558	Saxe-Weimar.	500 000
Strasbourg.	1567	Als.-Lorraine .	1 100 000
(parmi lesquels on compte l'un des fils de l'empereur			
Wurtzbourg	1582	Bavière . . .	900 000
Giessen	1607	Prusse. . . .	1 000 000
Kiel.	1665	Prusse. . . .	1 000 000
Halle-sur-Saale. . .	1694	Prusse. . . .	1 600 000
Gœttingue	1737	Prusse. . . .	1 350 000
Erlangen.	1743	Bavière . . .	700 000
Marbourg	1750	Prusse. . . .	1 000 000
Berlin	1809	Prusse. . . .	3 000 000
Breslau	1811	Prusse . . .	1 400 000
Bonn	1818	Prusse. . . .	1 300 000

Plus les deux *facultés*, c'est-à-dire des Universités inco
de :

Munster (Prusse) et Brunsberg . . . .

Au total. . . . . . environ 40 000 étudiants

Contrairement à une opinion assez répandue, les Uni
ne forment pas d'Ingénieurs; les seules branches qu'elle

gnent et qui se rapportent à cette profession sont la chimie, la physique et l'agronomie ; je signale en plus comme étant de leur domaine l'art vétérinaire.

Université de Leipzig.

Voici quelques détails sur l'Université de Leipzig, l'une des plus anciennes et la plus célèbre des Universités allemandes.

Son budget annuel se compose, en chiffres ronds :

Fonds d'État (Saxon)	1 900 000	marks
Fonds divers et dons.	550 000	
Intérêts et recettes diverses. . . .	50 000	
Total.	2 500 000	marks

Les dépenses se répartissent ainsi :

Administration.	70 000	marks
Professeurs	700 000	—
Employés divers.	380 000	—
Instituts	1 100 000	—
Entretien	150 000	—
Dépenses diverses	100 000	—
Total.	2 500 000	marks

L'ensemble de ses installations est à la fois grandiose et pratique ; elles se composent :

1° D'un palais dit *Augusteum*, situé sur la grande place de la ville, l'*Augustus Platz*, l'un des plus beaux monuments de Leipzig ; là se trouvent l'Administration, la salle des *Pas Perdus*, les salons d'honneur, les salles de réunion des professeurs *(Aula)*, et tous les cours qui ne demandent aucunes démonstrations techniques, droit, lettres, théologie, mathématiques pures, etc. ;

2° D'une bibliothèque célèbre dans toute l'Allemagne, qui occupe un immense palais de construction récente et voisin du Reichsgericht (cour de cassation de l'Empire) ;

3° De l'ensemble des Instituts, au nombre d'une trentaine, isolés chacun dans un enclos planté d'arbres et formant comme autant de villas ou de palais ; l'âge de ces constructions s'étend depuis un siècle jusqu'à nos jours. Instituts : de physique géné-



N
PLAN DU CENTRE
DE
LEIPZIG



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque. Paris

rale, de physique appliquée, de chimie générale, de chi appliquée, d'astronomie, de médecine générale, Instituts de ladies des yeux, des enfants, des femmes, de chirurgie, de ltériologie, d'art vétérinaire, etc.; cliniques diverses pour diverses spécialités pathologiques; chaque branche de la sci possède son domaine distinct.

Ces édifices s'espacent le long des rues de *Liebig* et de *L* sur une longueur de plusieurs kilomètres.

Les derniers construits, l'Institut de pathologie et l'Ins agronomique (1907), merveilles d'aménagement confortabl pratique, méritent une visite de tout étranger passant à Lei

Tout à côté s'étend un populeux cimetière. Serait-ce rappeler à l'orgueil des savants la vanité de la science huma

Écoles Techniques secondaires.

L'enseignement technique *Secondaire* est donné dans un g nombre d'écoles industrielles dont voici les plus importante

Écoles techniques d'Aschaffenbourg, Berlin, Clausthal, Dre Eberswald, Freiberg, Eisenach, Hanovre, Hohenheim, Mur Munden, Stuttgard, Tharan, qui reçoivent un total d'env 3 500 élèves.

Il existe, en plus, nombre d'écoles d'applications spécialis telles que :

L'École de sucrerie, de Brunswig;
— de tannerie, de Freiberg;
— de brasserie, de Worms;
— — de Munich;
— de chimie, de Mulhouse;
— de tissage et de teinturerie, de Berlin;
— — — d'Aix-la-Chapelle;
— de teinture et apprêts, de Cottbus;
— de tissage, filature, teinturie, de Reutlingen;
— — — — de Falkenbourg;
— de tissage et teinture, de Mulheim-sur-Rhin;
— — — de Crefeld;

plus les trois Écoles de céramique de Hœhr, Bunzlau et Lau

Puis les *Technicum*, plus récents, principalement affectés à la mécanique et aux applications de d'électricité :

Altenbourg, électrotechnique et construction des machines.
Hildburghausen, — — —
Ilmenau, — — —
Brême, — — —
Strelitz, — — —
Mittiweida, — — —

Écoles Polytechniques.

Enfin les *Écoles Polytechniques*, où les jeunes gens reçoivent l'instruction supérieure qui doit les conduire au diplôme d'Ingénieur, sont au nombre de onze, établies à :

Aix-la-Chapelle	600 élèves.
Berlin.	plusieurs milliers.
Brunswig	350 élèves.
Carlsruhe	900 —
Darmstadt.	1 600 —
Dresde	1 200 —
Hanovre	1 100 —
Munich.	2 500 . —
Stuttgard	700 —
Dantzig.	650 —
Breslau (en construction)	

au total, plus de 12 000 élèves, auxquelles il faut ajouter l'École royale supérieure des Mines de Freidberg (Saxe), 1 500 élèves.

Avant de décrire leur enseignement, il est utile de rappeler que jusqu'à ces derniers temps les Universités avaient seules le droit de conférer le titre de *Docteur*, grade suprême dans la science allemande. Aussi les Universités se sont-elles toujours considérées et tiennent-elles à se considérer encore comme les seuls foyers d'enseignement supérieur.

Mais dans ces dernières années, depuis que les cerveaux allemands abandonnant les études de spéculation pure, se sont lan-

cés dans le mouvement industriel, une poussée d'opinion s'es
nifestée en faveur des Écoles Polytechniques, qu'on a voulu p
sur le même pied que les Universités. La lutte fut vive, a
née, et passionna le pays que rien de ce qui concerne l'ins
tion ne laisse indifférent; elle gagna le Parlement; comn
toute question, l'Empereur entra dans la lice et ce fut son
nion personnelle qui fit triompher les Écoles industrielles
rieures.

Le titre de *Docteur* fut accordé aux élèves diplômés d
Écoles et Guillaume II s'exprima ainsi dans un discours à l'
polytechnique de Charlottenbourg-Berlin :

« C'est pour moi une satisfaction d'avoir pu accorde
» Écoles techniques supérieures le titre de *Docteur*. Vous
» que j'ai eu à surmonter des résistances acharnées; elle
» aujourd'hui brisées; j'ai voulu mettre au premier pla
» Écoles techniques qui ont une grande tâche à rempli
» seulement au point de vue de la science appliquée, ma
» core au point de vue social. »

Toutefois un correctif fut concédé aux défenseurs des U
sités et les diplômes accordés à la sortie aux élèves des
Polytechniques portent la mention quelque peu restricti
Docteur-Ingénieur.

Quand ils entrent au service de l'État, les Ingénieur
pourvus du titre de *Regierungs-Baumeister* (chefs de constru
de l'État).

Toutes les Écoles Polytechniques sont établies et dirigée
vant un même esprit, donnent la même instruction et con
le même diplôme. Toutefois, certaines de ces Écoles font p
miner dans leur enseignement la spécialité la plus impo
pour leur région, telle que l'exploitation métallurgique
la-Chapelle, la construction navale à Danzig.

Ici, comme dans tout ce qui suivra, j'éviterai de prendr
exemples à Berlin, parce qu'il entre dans le plan de cette
de montrer, en ne décrivant que des établissements de pro
quelle est la vitalité et la puissance de décentralisatio
grandes villes allemandes.

École Polytechnique de Hanovre.

Voici d'abord l'École Polytechnique de Hanovre. Elle est établie dans l'ancien château des rois de Hanovre et a été fondée en 1881. C'est une installation luxueuse et grandiose, d'une irréprochable tenue.

Les élèves allemands y sont admis au sortir d'un établissement d'instruction secondaire *Realschule* ou *Gymnasium*, ou de quelques écoles supérieures techniques déterminées; les élèves étrangers doivent sortir d'institutions analogues.

La durée des cours est de huit semestres.

Le nombre des professeurs est actuellement de cent cinq et celui des cours de deux cent trente-neuf, représentant annuellement plus de six mille leçons, dans lesquelles on peut dire que tout ce qui a trait à l'art de l'Ingénieur et de l'Architecte est enseigné jusqu'aux moindres détails.

Pic de la Mirandole, qui se disait capable de soutenir une thèse *de omni re scibili*, reculerait épouvanté aujourd'hui devant une pareille avalanche de connaissances. Les Allemands qui, bien que prétentieux, ne se flattent pourtant pas d'être des Pic de la Mirandole, estiment qu'il faut au moins cinq cervelles humaines pour absorber une telle profusion de nourriture cérébrale; de là cinq spécialités qui se précisent pour l'étudiant dès le jour de son entrée à l'école : 1° architecture; 2° constructions civiles; 3° mécanique; 4° chimie, partagée elle-même en deux sections: la chimie proprement dite et l'électrochimie; 5° connaissances générales.

Toutes les Écoles Polytechniques comprennent parmi leurs spécialités l'enseignement de l'architecture. On estime, en Allemagne, que le monument public ou l'habitation moderne avec leurs charpentes métalliques, les combinaisons du chauffage central et de la ventilation, les canalisations d'eau, l'écoulement des eaux vannes et ménagères, l'éclairage, les ascenseurs, le téléphone, les conditions hygiéniques, etc., sont bien plus des travaux d'ingénieurs que des œuvres d'architectes dans le sens artistique de ce terme. Qu'il me soit permis d'ajouter, sans vouloir dénigrer aucune profession, qu'il est visible, généralement, que les immeubles allemands de nos jours n'ont pas pour auteurs d'anciens élèves des Écoles de beaux-arts; s'ils réalisent le rêve des amateurs de confortable, ils désolent trop souvent les ar-

tistes : mais à notre époque, où les majorités font la loi,
guère à présumer que ce soient ces derniers qui l'empor
A titre de renseignement, le nombre, à Hanovre, en 19

Élèves	architectes est de. . . .	157
—	constructeurs	364
—	mécaniciens.	262
—	chimistes (chimie pure).	64
—	— (électrochimie,	50

qu'il ne faut pas confondre avec l'électrotechnique)

Élèves d'enseignement général.	11
TOTAL.	908
On compte en outre : Auditeurs libres . .	155
Élèves du sexe féminin	194
TOTAL.	1 361

Parmi ces étudiants on trouve : 1 Belge, 1 Bulgare, 1 Fr
2 Anglais, 2 Italiens, 3 Luxembourgeois, 4 Hollandais, 14
giens, 5 Autrichiens, 1 Roumain, 10 Russes, 4 Finl
3 Serbes, 1 Espagnol, 1 Africain, 1 Asiatique, 5 América
total : 59 étrangers (1).

Aussitôt entré à l'École, l'élève qui a fait choix de sa
lité, établit son *plan d'études* à l'aide du *Programme des co*
volumineux fascicule de 180 pages, dans lequel sont énum
jour par jour, les milliers de leçons que représentent le
cent trente-neuf cours officiels de l'École. Dans ces leçon
seignement pratique occupe plus de place que l'enseign
théorique.

L'analyse de ce programme demande une étude approf
on y peut constater que chaque groupe d'élèves reçoit
spécialités voisines les notions qui lui sont utiles. Ainsi il
un cours spécial de chimie pour les architectes, de mêm
y a un cours élémentaire de construction pour les ch
et ainsi des autres.

Les titulaires des cours sont nommés par le Souverain s
liste de noms présentée par le Comité ou *Sénat* des profe
L'École est ouverte chaque jour, sauf le dimanche et

(1) *Personnalverzeichnis* 1907-1908. Hannover.
(2) *Programm der Kœniglichen Technischen Hochschule.*

medi après midi, de 8 heures du matin à 7 heures du soir ; les élèves doivent prendre tous leurs repas au dehors.

Les examens qui terminent les études au bout de huit semestres donnent droit au titre d'Ingénieur, et s'ils sont très satisfaisants, à celui de Docteur-Ingénieur.

La description d'un pareil établissement m'entrainerait infiniment trop loin : qu'il me suffise d'en citer certaines particularités.

Ce qui frappe le visiteur dès le seuil de l'édifice, c'est l'ampleur vraiment saisissante accordée à tous les services, et, bientôt après, la richesse des collections affectées à l'enseignement. On peut affirmer qu'il n'existe pas un seul objet décrit dans un cours qui ne soit exposé à la vue des élèves, soit en réalité, soit en réduction.

Dans les sous-sols, c'est une halle de machines, contenant un ou plusieurs de tous les systèmes de moteurs connus : à vapeur (plusieurs machines dont une de 200 ch), électriques, à gaz, à pétrole, à vent, à air comprimé, à eau. Cet atelier a 800 m².

Ailleurs, une salle immense renferme des outils, machines-outils, ou modèles de tous les appareils industriels connus. En outre, les élèves sont fréquemment conduits par leurs professeurs dans des usines particulières souvent très lointaines.

A un autre étage, une salle non moins vaste renferme tous les objets fabriqués imaginables, avec, auprès de chacun, les outils à main ou à moteur qui servent à les confectionner.

Ici, c'est un véritable musée minéralogique.

Plus loin, un cabinet de physique au complet.

Dans ces salles, sont disposées chaises et tables pour que les élèves puissent prendre des notes.

Une bibliothèque, à la portée des élèves qui en peuvent emporter les ouvrages, renferme des milliers de livres et de périodiques scientifiques. En général, chaque amphithéâtre est contigu à la salle renfermant les objets formant le sujet du cours. Le professeur et ses élèves s'y peuvent transporter sans perte de temps.

Ces amphithéâtres, très nombreux, sont intéressants à plus d'un titre : par les dispositions affectées aux élèves, et plus encore aux professeurs. Ils sont de dimensions assez réduites et très inclinés en hauteur, afin que chacun puisse voir de près la chaire du Maître. On estime qu'un cours ne doit pas recevoir pratiquement plus de 50 à 60 élèves.

Parmi les dispositions à signaler, je ne retiendrai que le mode d'éclairage de ces salles de cours; la plupart sont éclairées par ciel vitré à verres translucides, sous lesquels sont suspendus perpendiculairement, sous toute la largeur du vitrage, des volets métalliques à charnières espacés de 60 en 60 cm, et ainsi ouverts quand ils sont verticaux. Veut-on atténuer la lumière, le prôfesseur appuie sur un bouton et un petit moteur électrique incline tous ces volets dans le même sens. Une pression plus prolongée sur le bouton les fait tous plaquer horizontalement contre le vitrage et produit une obscurité complete et instantanée, fréquemment réalisée pour les projections lumineuses, en vue desquelles tous les amphithéâtres sont aménagés.

L'éclairage des salles à la lumière artificielle, gaz ou électricité, n'est pas obtenu par la flamme directe, mais par foyers lumineux invisibles aux spectateurs et éclairant le plafond. On sait combien cet éclairage par plafonds lumineux est doux à la vue; c'est cette considération qui en a déterminé l'emploi dans presque toutes les écoles. Les vues faibles ou fatiguées sont fréquentes en Allemagne et la sollicitude pour les organes de la vision fait partie de ces mesures d'hygiène qu'on trouve partout chez eux, à l'école, à l'atelier, au restaurant, au théâtre, à la maison, rigoureusement appliquées.

Le professeur qui me guidait dans ma visite récente me faisait remarquer avec une visible satisfaction, que les lampes à gaz affectées à l'éclairage étaient des becs X à allumage automatique inventés depuis trois mois seulement.

On pourrait affirmer qu'il n'est pas de femme coquette plus heureuse de faire admirer ses bijoux qu'un savant ou un industriel allemand de montrer ce que l'Allemagne moderne est capable de produire. Mais je crois plus séant d'en tirer une remarque autrement sérieuse.

Partout, ici comme ailleurs, on voit figurer dans les collections scolaires, les objets fabriqués, les machines, les outils les plus nouveaux, fournis gratuitement, comme la plupart des pièces de ces collections, par leurs inventeurs ou leurs fabricants. Ces nouveautés sont immédiatement et systématiquement portées à la connaissance et à la vue des élèves. On s'efforce par là de leur inculquer le goût de la spécialité et du progrès industriels; je montrerai plus loin que cette tendance est générale dans le pays et qu'elle est un des facteurs de sa réussite.

L'examen du programme des cours montre que beaucoup plus

de temps est accordé aux travaux et leçons pratiques qu'aux cours théoriques.

Un tel établissement demande un emplacement énorme. L'école de Hanovre n'est pas le modèle le plus récent des Écoles polytechniques. Les laboratoires de chimie n'y répondent plus aux desiderata des professeurs. A côté de l'édifice principal et formant annexe, un institut de chimie est en construction, dont la dépense prévue est de 1 500 000 marks.

École Polytechnique de Danzig.

En attendant, on peut voir à l'*École Polytechnique de Danzig* le plus récent modèle d'installations, surtout pour la chimie et l'électrochimie.

Cette École, commencée en 1900, a été inaugurée en octobre 1904. Les collections n'y sont pas encore aussi complètes qu'à Hanovre; mais les dispositions générales y sont mieux appropriées à leur but : les appareils industriels sont les plus nouveaux qui existent.

Le monument est spacieux, d'une décoration sobre. Les services y ont été étudiés avec un sens pratique qui se manifeste partout et je regrette vivement de ne vous en pouvoir donner une description étendue. Je citerai seulement l'organisation du chauffage, de la ventilation, de l'éclairage, l'installation des salles de dessin, la salle des machines où fonctionnent quantité de moteurs, dont une machine à vapeur de 60 ch, et où circule un pont roulant de 10 000 kg; les installations hydrauliques qui, à l'aide d'un réservoir élevé de 40 m, peuvent actionner pendant plusieurs heures des moteurs à eau, et surtout les moteurs électriques avec accumulateurs, fournissant constamment de la force dans toutes les parties de l'établissement, aux voltages les plus divers, pour l'électrochimie, les fours électriques, la compression des gaz, l'air liquide, etc.

Les salles de cours de chimie, par exemple, renferment tous les appareils que les plus récentes découvertes scientifiques ont permis de réunir.

Le professeur dans sa chaire, entouré de tuyaux aux robinets de diverses couleurs qui lui fournissent à volonté l'air chaud, l'air liquide, la vapeur, le vide, les gaz comprimés, de boutons donnant l'électricité à toutes les tensions, augmentant, diminuant ou supprimant l'éclairage, de leviers de manœuvre pour

les tableaux noirs superposés, de hottes pour les réaction
tères, a tout l'air d'un capitaine de cuirassé dans sa ca
commandement.

Deux chiffres caractéristiques méritent d'être retenus d
visite. Dans l'édifice, il n'y a pas moins de 94 km de fil
triques et l'ensemble de l'établissement a coûté 5 600 000

Pour l'instruction, le Gouvernement allemand ne recule
aucune dépense.

Je ne voudrais pas quitter Danzig sans y jeter un cou
sur le bel hôtel de ville du XVI[e] siècle, qui s'élève au ce
la vieille ville. La salle des fêtes surtout attire l'attenti
sa décoration curieuse, formée de fresques entrecoupées
boiseries et dont les personnages sont sculptés en demi-bos
ornementations de bois de cerfs naturels du plus singuli
Puis, çà et là quelques massives sphères métalliques sont
lièrement enchâssées dans le plafond et dans les murs
ont été logées là, en 1807, par les soins d'un Français illus
portait un nom bien connu dans le monde industriel : il
lait de Chasseloup-Laubat. Le souvenir de ce travail d'In
militaire, est assez glorieux pour qu'on me pardonne de
peler ici (1).

Le jeune homme entré à l'école vers dix-huit ans, y es
quatre années, après quoi il a passé devant le Sénat des
seurs un examen qui lui a conféré le titre d'*ingénieur* ou
teur-ingénieur, suivant son degré d'instruction.

Le jeune Ingénieur. — Le Chef d'industri

Ainsi spécialisé à l'âge de vingt-deux ans environ, i
dans l'industrie. Là, le plus souvent, il se spécialisera
tage encore, car l'usine qui le reçoit est généralement u
grande usine. L'un des caractères de l'industrie alleman
temporaine est de procéder par grosses unités établies
cours d'eau ou une voie ferrée, et, dans ces grosses unités,
vail, dirigé par une seule tête au sommet, est réparti à
suivant ses aptitudes particulières, sans confusion ni e
ment d'un service sur un autre. Très fréquemment la g
technique est distincte de la commerciale.

(1) Le général de Chasseloup-Laubat commandait le Génie au siège de Dan
les ordres du maréchal Lefebvre.

La plupart des exploitations, même modestes, sont en sociétés par actions. Les Allemands y voient l'avantage d'une grande mobilité dans les capitaux et la possibilité de modifier le personnel supérieur en cas d'insuffisance professionnelle ou de tendance à la routine.

Le chef d'industrie allemand est généralement instruit, ordonné, méthodique et confiant en lui-même. Quelle que soit la bonne organisation des services, la prospérité de l'entreprise et la perfection de l'outillage, il ne cesse jamais d'avoir en vue un progrès à accomplir, des nouveautés à mettre au jour, et considère son exploitation comme en état d'équilibre perpétuellement instable.

Cette préoccupation est la caractéristique de l'industriel allemand.

De là, la nécessité de ces vastes laboratoires peuplés de chimistes dont partie sont affectés au contrôle des fabrications, et souvent la majorité, à des recherches déterminées.

Combien fréquente s'offre à l'esprit de l'Ingénieur la pensée de créations nouvelles ! Mais il y a plus loin de la pensée à l'exécution que de la coupe aux lèvres, et un espace ardu de recherches s'étend entre la conception et la réalisation d'un projet. Faute de loisirs, la conception restera stérile si l'on n'est pas secondé par des collaborateurs chargés de la mettre au point.

Dans la plupart des branches de l'industrie, on peut dire que tout commence par la chimie au laboratoire pour se résoudre par la mécanique à l'atelier; c'est pourquoi la plupart des usines de toute nature en Allemagne ont des laboratoires de chimie.

Les chimistes ordinaires sont généralement peu payés; mais beaucoup d'entre eux sont liés à leurs firmes par des traités qui les intéressent à leurs découvertes personnelles; de là, chez eux, une très grande ardeur au travail et, chez leurs patrons, la certitude qu'ils n'iront pas porter ailleurs le fruit de leurs recherches.

En outre, les industriels font souvent appel aux lumières des savants, professeurs ou spécialistes, et il n'est pas rare que dans un but de réclame, ils mettent tel ou tel produit ou procédé nouveau sous le vocable d'un savant connu.

Ils se tiennent soigneusement au courant de tout ce qui se publie chez eux ou à l'étranger sur leur industrie.

Et à ce sujet, j'insisterai sur l'attention avec laquelle ils par-

courent et collectionnent les catalogues très complets
fournisseurs allemands éditent avec un si grand luxe. C
logues sont lus, puis réunis sur des rayons spéciaux, où
ment, dans la plupart des bureaux, des bibliothèques
aussi en journaux techniques, d'autant plus fréquemme
sultées que, n'étant pas imbus ni de traditions, ni de p
les directeurs remplacent avec une incroyable facilité l
tériel par un outillage plus nouveau, pour peu qu'ils y t
un avantage quelconque, économie de temps et de main-
ou perfectionnement.

Dès l'école, je l'ai répété, on leur a inculqué le goût
chercher, toujours et en tout, ce qu'il y a de plus mode

Par là s'explique avec quelle rapidité les inventions se
gent et se généralisent. En cela, comme en bien d'autres
les Allemands sont devenus très Américains.

Loin de se défendre de cette tendance, ils l'affichent
tiers, et les fils de riches industriels ou commerçants s
jourd'hui envoyés en stage par leurs parents, non en Ang
non en France, mais aux États-Unis.

Comme les Américains, ils ont un amour effréné
réclame et la publicité. Ouvrez un journal quelconqu
tique, littéraire, scientifique, peu importe; il est inond
nonces. *Les Neueste Leipziger Nachrichten* ont certains jou
de cinquante pages de publicité.

D'autre part, les grandes firmes industrielles tiennent
dans les beaux quartiers de leur ville, une boutique som
où elles montrent leurs nouveautés. Ces magasins ne sont,
lité, que des expositions permanentes; ce n'est jamais là
traitent les affaires.

Comme les Américains encore, le producteur allem
cherche les grosses unités et le travail en série.

Une des organisations très pratiques que j'ai pu obser
l'interchangeabilité de la plupart des organes de m
L'Association des Ingénieurs allemands détermine le *type no*
toutes les pièces, boulons, robinets, tuyaux, brides,
valves, filetages, etc.; toutes les maisons de construc
soumettent : ce *normalisme* s'étend à une infinité d'objets

D'autre part, la main-d'œuvre, bien qu'instruite et disc
est assez médiocre. L'ouvrier allemand ne finit pas, ne
donner de la tournure aux objets; on ne peut le cha
poste sans s'exposer à le voir gâcher la besogne. Enfin

inapte à travailler convenablement avec des outils imparfaits; aussi la lutte pour la moindre main-d'œuvre est-elle engagée partout.

Généralement le produit allemand dénote une étude sérieuse, une conception pratique et une exécution fruste. Il a toutefois un avantage très appréciable : son fabricant l'adapte aux besoins et aux fantaisies de sa clientèle des cinq parties du monde.

Les brevets.

Parmi les conséquences de l'esprit chercheur et inventif des Allemands de nos jours, il faut citer la masse considérable de brevets qu'ils déposent, brevets que le *Patentamt* de Berlin examine avec une rigoureuse sévérité et ne délivre qu'après beaucoup de difficultés, car, comme on le sait, le Gouvernement garantit l'inventeur.

L'exploitation des brevets est pour l'Allemagne une source de profits importants. Nombreux sont les Ingénieurs ou les spécialistes qui ont fait fortune en vendant dans le pays ou à l'étranger des licences ou des concessions. Et par surcroît l'industrie allemande bénéficie largement de ces ventes, car le plus souvent l'inventeur exige que le concessionnaire étranger d'une patente commande en Allemagne le matériel nécessaire à son exploitation.

La vue de ces réussites multipliées a donné lieu au delà du Rhin à une fièvre d'invention bien caractérisée. Tout Allemand instruit a dans sa tête ou dans sa poche un procédé nouveau, une spécialité quelconque qui doit l'enrichir. C'est leur manière d'être arriviste.

Le rôle des Banques.

Comment cet impétueux lancement d'affaires, ces dépenses à jet continue s'accordent-elles avec l'état financier d'un peuple dont les ressources étaient, il y a cinquante ans, fort au-dessous du modeste ? C'est la question qui se pose à chaque instant et partout, quand on voit surgir tant d'usines, incessamment renouvelées, des monuments, des immeubles somptueux, des productions écrasantes, des navires gigantesques, des travaux cyclo-

péens. A placer ainsi leurs revenus et leurs bénéfices
lations nouvelles, les Allemands sont toujours à court
de roulement.

C'est ici qu'apparaît le rôle bienfaiteur des banquie
développement de leur industrie. Ces derniers ont
d'elle un rôle éminemment actif. Marchands d'argent,
chent à placer leur marchandise, à la placer avec l
profit possible; à la placer chez leurs nationaux, parc
affaires nationales développeront celles de leurs comp
placer enfin avec sécurité. C'est pourquoi ils suivent
ment les opérations et la valeur professionnelle de leu
se mêlent à leur vie commerciale, prennent place
conseils d'administration, étudient leur comptabilité, e
font acte de véritables commanditaires.

Partageant la confiance que tous les Allemands on
mêmes, ils estiment que personne n'est, mieux que leu
triotes, à même de faire valoir des capitaux. Aussi ces
figurent-ils rarement dans les émissions de fonds d'E
valeurs étrangères. Les banques d'émission, en Allema
de moins en moins nombreuses.

Ainsi, loin de drainer l'argent du pays pour le port
hors, ils remplissent une mission diamétralement oppo

Dire que ce système ne donne aucun mécompte, mal
sérieux de leurs études préserve souvent les banquier
cubrations des faiseurs, serait proclamer l'infaillibilité
En temps de crise, il est grandement périlleux pour l
sements de crédit. On dit couramment là-bas que quan
merçant doit 15 000 f à son banquier, son banquier le t
que s'il lui doit 1 million, il tient son banquier. Da
ments difficiles, nous voyons toujours les banques com

Ainsi donc une masse de firmes ont besoin pour viv
dit des banques, qui y exercent par cela même un
incontestée. Il arrive fréquemment que si la firme p
banquier la force à liquider, s'en porte acquéreur et
Parfois, ces interventions produisent des résultats assez s
deux banques différentes sont engagées avec deux fi
currentes, que leur rivalité met à mal : alors les ban
forcent à un rapprochement qui les renfloue, et voilà l'
beaucoup de syndicats.

Les syndicats industriels et commerciaux, les car
ententes ont, en Allemagne, un développement intense

dire qu'ils couvrent le pays. Beaucoup de personnes y expriment même l'opinion qu'une industrie ne peut prospérer que si elle est organisée en syndicat ou si elle exploite quelque spécialité ou brevet. Ces cartels sont souvent des agences de primes à l'exportation, leurs dirigeants maintenant au dedans des prix élevés et vendant en baisse à l'étranger. Par contre, les trusts sont inconnus.

Il est à remarquer que l'État, quand il se fait exploitant, tel le gouvernement prussien dans quelques usines de Stassfurt ou dans les houillères de la Sarre, s'affilie ouvertement aux cartels de ces industries.

Le rôle de l'État. — L'Étatisme.

D'ailleurs, l'intervention de l'État dans les affaires industrielles est incessante et, à mon avis, excessive.

Je ne parle pas ici de la surveillance exercée sur les ateliers dans le but de sauvegarder l'hygiène du personnel, surveillance d'une inflexible rigueur, de l'assurance obligatoire contre les accidents, le chômage, la maladie, la vieillesse, mesures très onéreuses, sans doute, mais que leur caractère philanthropique justifie; mais l'État, ou les États allemands, ont une tendance marquée à jouer le rôle de producteurs. J'ai parlé des usines de Stassfurt et des houillères de l'Ouest, d'où le gouvernement prussien extrait 20 millions de tonnes; je pourrais citer une multitude d'exploitations analogues : les porcelaines de Saxe, les mines de Freiberg, d'immenses domaines agricoles et forestiers, et avant tout l'exploitation de 50 000 km de chemins de fer.

Les villes suivent, en l'accentuant, l'exemple des États : dans la plupart d'entre elles, l'eau, le gaz, l'électricité, les tramways, les abattoirs, etc., sont des services municipaux.

C'est ce qui, le goût du grandiose aidant, justifie partout la construction de ces nouveaux hôtels de ville dont les dimensions formidables étonnent les voyageurs : tels l'hôtel de ville de Hambourg (1898) et celui de Leipzig (1906). Non moins énormes sont ceux de Francfort, de Munich, de Dresde, de Hanovre, récemment terminés ou en voie d'achèvement.

Cette tendance à *l'Étatisme* impérial, royal ou municipal, est, à mon avis, un des dangers qui menaceront la race germanique le jour où, à la discipline exemplaire et draconienne qui main-

tient aujourd'hui la bureaucratie dans le zèle et la ponc
succéderont le laisser-aller et le relâchement d'une ad
tration moins rigoureuse que celle dont le Kaiser est le g
le plus vigilant.

Mais, pour l'instant, on ne peut qu'admirer l'énergie et l
voyance avec lesquelles les services publics se sont déve
parallèlement aux besoins croissants de l'industrie et du
merce.

Chemins de fer, ports, canaux, postes, écoles, constr
hospitalières, parcs, monuments commémoratifs, établiss
publics, services généraux et municipaux de toutes sorte
s'est élargi, agrandi, renouvelé universellement, sans hés
et sans trêve.

Nous pourrions prendre comme exemple le service des
qui, avec celui des chemins de fer, frappe si vivement la
étrangers.

Voici l'hôtel des postes de Hanovre; il date de quinze
ans, son architecture est très soignée, ses dimensions se
imposantes, et, cependant, on est en train de le doubler. C
Hambourg est plus grand que notre palais du Louvre.

C'est surtout le service des colis postaux qui néces
vastes espaces. Grâce à ces dispositions, ils sont reçus et
dans les mêmes délais que les lettres ou imprimés; aussi
fait un usage très général.

Une innovation à retenir : le port des lettres cachetées,
chacun sait, coûte 10 pfennigs jusqu'à 20 g et pour 1
pfennigs on a droit à 250 g, ce qui permet d'expédier,
même pli que la lettre, un acte, un traité, un dessin, u
tillon, un livre, un volumineux prospectus, etc. La réc
de cette organisation existe avec l'Autriche-Hongrie.

Plus on étudie les services allemands, plus on s'aperç
quel soin les pouvoirs publics étudient et cherchent à s
et à satisfaire rapidement, les besoins de l'industrie.

Un exemple entre autres de cette célérité dans l'exécu
travaux publics.

Il y avait encore, en 1902, dans un faubourg de Hano
surface de terrain inoccupé d'une vingtaine d'hectares
marécage, moitié champ de manœuvre. J'ai repassé là
et, à la place de ce marais, j'ai trouvé un parc superbe.

Non seulement on a creusé des lacs, élevé des tertres,
ponts rustiques, créé des parterres de fleurs, planté d

arbustes; mais encore on est allé quérir dans les forêts voisines des arbres de cinquante ans, qu'on a replantés là par centaines et qui ont parfaitement repris. Il faut dire qu'on avait pour cela construit des chariots spéciaux sur lesquels on chargeait chaque arbre avec la motte de terre dans laquelle il végétait; on transportait ainsi 2 000 kg de bois et 25 000 kg de terre naturelle. « Passe encore de bâtir, mais planter à votre âge », disait au vieillard le jeune homme du fabuliste. Les édiles de Hanovre ont fait mentir l'apologue; le parc est en pleine frondaison et l'hôtel de ville, commencé en même temps, n'est pas encore achevé. Grâce à ses embellissements récents, à ses promenades ombreuses, à ses anciens parcs royaux, à sa forêt municipale de 600 ha, à ses palais et à ses somptueux magasins, Hanovre, qui compte 300 000 habitants, est, à mon avis, la plus belle ville de l'Allemagne.

Les Chemins de fer. — Les Gares.

La préoccupation de faire grand et de prévoir l'avenir est plus visible dans les chemins de fer que partout ailleurs.

On connaît la splendeur et l'immensité des gares allemandes; à tel point qu'au premier abord, le voyageur étranger qui débarque à Cologne, à Munich, à Hanovre, à Francfort, à Dresde, à Hambourg (grandes gares que je cite dans l'ordre chronologique de leur édification) crie à la mégalomanie.

Le reproche est injuste; partout où l'on s'en est tenu à des dimensions moindres on a dû le regretter et chercher la place à des agrandissements.

J'en citerai un exemple connu : il existait, il y a quelques années, à Nuremberg une gare centrale de style gothique, à vitraux élégants, de coquette et confortable apparence, sur laquelle était inscrit le millésime 1877. J'ai repassé là en 1904 : l'édifice gothique avait disparu pour faire place à un immense caravansérail. A Magdebourg, la gare centrale, qui est de 1879, va être reconstruite. A Cologne même, un des halls les plus vastes de l'Allemagne, on étudie le moyen de se donner plus de place encore.

Le problème est peut-être plus complexe encore pour les gares de marchandises.

C'est que la population de toutes ces villes a plus que doublé

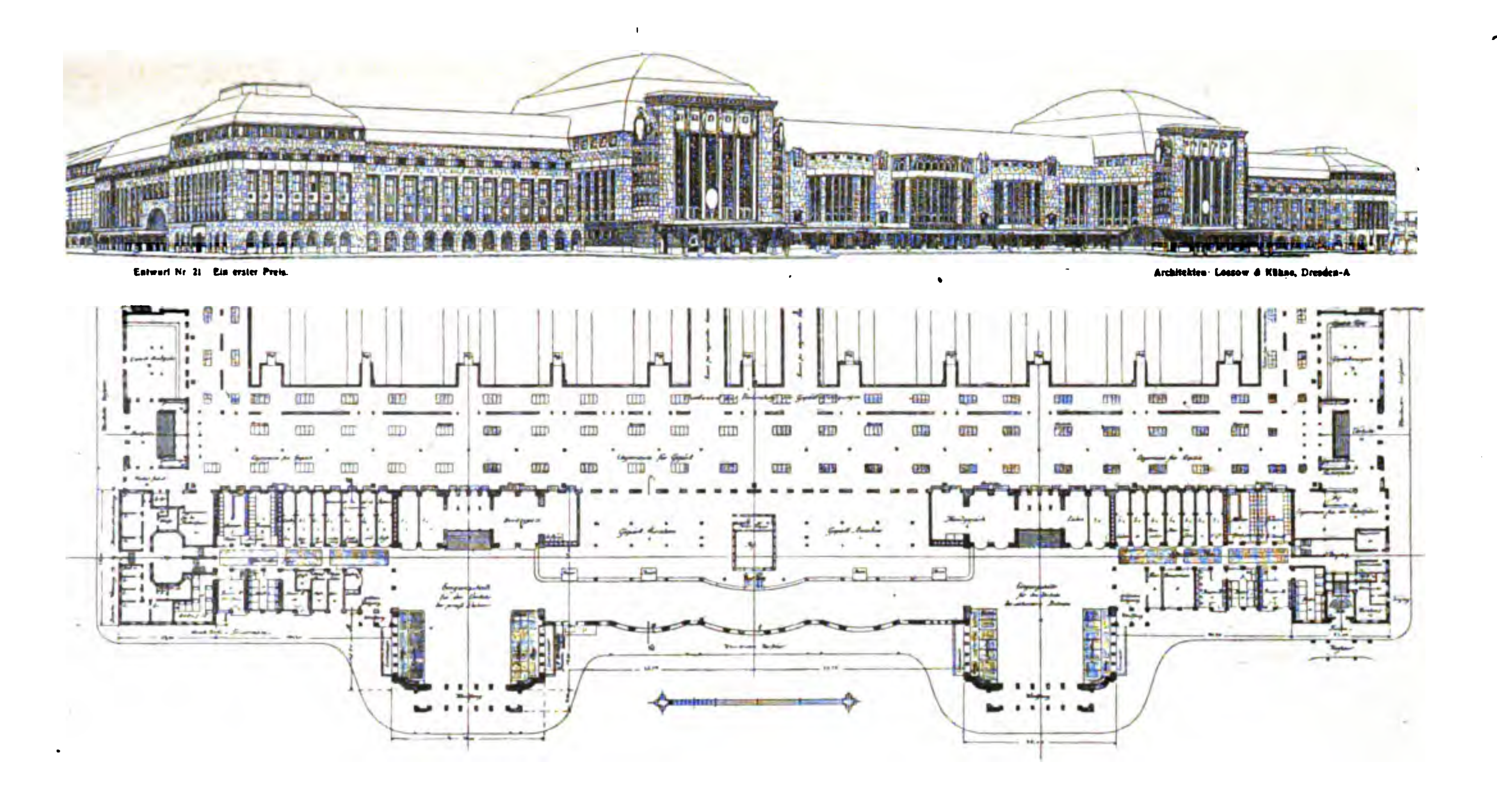
depuis vingt ans et que vraisemblablement elle doublera d'ici à vingt années. En effet, l'ensemble des villes de p 50 000 âmes représente aujourd'hui environ 20 millions d tants. Or, l'augmentation annuelle de 900 000 têtes, par su mouvement universel qui porte la population de la cam vers les villes, doit être tout entière portée au compte cités qui, dès lors, vers 1930, devront contenir 40 m d'habitants. En sera-t-il réellement ainsi? Berlin aura-t-i 5 millions d'habitants, Hambourg plus de 2 millions, L Munich, 1 200 000? Nul ne saurait l'affirmer, mais c'est da hypothèses admissibles.

La future gare centrale de Leipzig.

Toujours est-il qu'il faut calculer ainsi pour compren réalisation de l'édifice géant que sera la future Gare Centr Leipzig, dont les travaux d'approche sont commencés deux ans et les plans adoptés depuis deux mois seule à la suite d'un concours entre un grand nombre d'arch nationaux. Le concurrent vainqueur est le cabinet d'archit Lossow et Kühne, de Dresde, qui a pour devise *Licht u* (lumière et air). J'ai l'avantage de présenter, comme une pri les dispositions architecturales, d'ailleurs pas très heur tirées de l'album officiel qui renferme les projets de to concurrents.

Il existe actuellement à Leipzig cinq gares *Terminus* (Kopfba qui desservent treize lignes, dont quelques-unes de tout pr ordre : Leipzig-Berlin, Leipzig-Francfort, Leipzig-Dresde-V Leipzig-Munich, Leipzig-Magdebourg-Hambourg. C'est da cinq débarcadères que l'on pourra voir pendant deux o années encore ce qu'était l'Allemagne d'antan. Je ne c actuellement que Leipzig et Lubeck où les gares prin existent encore; exiguës, incommodes, basses, enfumées forment un saisissant contraste avec les constructions nou Leipzig est d'ailleurs le berceau des chemins de fer allema

On a projeté, il y a dix ans environ, de leur substitu gare centrale (Hauptbahnhof) unique et monumentale, qu de beaucoup la plus grande gare à voyageurs du monde. L des trains couvrira vingt-six voies correspondant aux lignes. Entre chaque paire de voies court un trottoir de 12 à



Entwurf Nr. 21 Ein erster Preis. Architekten: Lossow & Kühne, Dresden-A

de large, ce qui donne au faisceau une largeur totale de p
300 m, sur une longueur de 250 m, capable d'abriter les
les plus longs. La façade principale aura un développem
340 m.

Comme terme de comparaison : la gare de Munich a 19
façade avec seize voies sous le hall. Celle de Francfort, act
ment la plus vaste d'Europe, dix-huit voies et 240 m de faç

La future gare de Leipzig est uniquement destiné
voyageurs : elle ne renfermera pas le service des postes e
postaux, lesquels auront une gare spéciale distante de
dont la façade sera large de 200 m et le coût de 6 milli
francs.

Les dépenses totales prévues sont de 158 millions de
dont 64 millions fournis par l'État saxon, 64 millions pa
prussien, 24 millions par la ville de Leipzig et 6 millio
l'Administration impériale des postes.

Les travaux comprennent, en outre, la réfection compl
tout le service et des gares des marchandises, des voies
mation de trains, des rotondes de locomotives, des s
d'eau, etc.

Les difficultés sont actuellement immenses pour assu
service des trains tout en construisant les aménagement
veaux sur les mêmes emplacements. Le service actuel de
chandises partant de Leipzig compte une moyenne de
colis par jour.

La foire de Leipzig.

Cette grande cité saxonne n'est pas seulement le foyer
lectuel le plus actif de l'Allemagne, la capitale judici
l'Empire (Reichsgericht); elle est, après Berlin et Hambo
ville la plus industrielle du pays, centre de l'industrie et d
merce du livre (plus de huit cents éditeurs), de la filatur
tissage de la laine et du coton; le marché internatio
fourrures, pour lequel une Bourse spéciale est en constr
et enfin le siège d'une foire célèbre qui, après une péri
décadence, est en passe de retrouver une jeunesse nouvel
la forme de foire d'échantillons *(Mustermesse)*.

Cette foire, à laquelle avait donné naissance jadis la si
exceptionnelle de Leipzig au centre de l'Europe, est bisar

(mars et octobre). A ces dates on voit arriver, au nombre de plusieurs milliers, des marchands de tous les pays, commis voyageurs de toutes langues et de tout poil, porteurs d'échantillons de toutes sortes; ils viennent les exposer dans les magasins que leur louent, à des prix très élevés et pour la durée de la foire, les négociants et surtout les boutiquiers de la ville. La ville elle-même possède trois ou quatre vastes immeubles, dits *Kaufhauser*, affectés à cet unique objet et fermés tout le reste de l'année. En ce moment même, — et c'est ce qui marque bien le développement que prend cette exhibition — la ville a exproprié un ilot entier de vieilles maisons, plus de 10 000 m³, et y construit à ses frais un *Kaufhaus* énorme qui s'ajoutera aux anciens.

Et j'avoue avoir été stupéfié de la rapidité avec laquelle ce travail est conduit. En novembre 1907, on commençait à donner les premiers coups de pioche; en mars 1908, il ne restait pas pierre sur pierre des vieux immeubles et on commençait à fonder le nouveau monument.

Tout le centre de la ville est ainsi transformé deux fois par an en exposition universelle, attirant des foules compactes et une extraordinaire animation. La réclame surtout prend des proportions homériques et grotesques : à toutes les fenêtres, orifiammes, drapeaux, inscriptions, affiches; des processions interminables et perpétuelles, véritables mascarades d'hommes-sandwichs, de porte-bannières, de monstruosités en carton figurant des objets de tout acabit; des voitures chargées d'échantillons, tout ce qu'une imagination en délire peut rassembler de cocasse est réuni là ; c'est un véritable sabbat.

Cette année, pour la première fois, on a vu des exposants français au nombre de trois; les objets qu'ils apportaient ont fait sensation par leur admirable perfection.

La fabrique de Carl Krause.

J'ai choisi dans ce grand centre d'activité humaine une des usines les mieux installées pour en présenter une courte monographie, la fabrique Carl Krause, dont l'aménagement est d'autant plus remarquable qu'elle fut reconstruite presque tout entière après un incendie en 1904.

La firme Carl Krause est spécialisée dans la construction des machines à travailler, non à produire, le papier, coupage,

estampage, chromolithographie, etc. ; fondée en 1855 p
Krause, elle vendait :

en 1855	. . . .	22 machines
1865	. . . .	229
1875	. . . .	914
1885	. . . .	2 221
1895	. . . .	3 315
1905	. . . .	5 305
1906	. . . . .au delà de	6 000

Près de 50 brevets protègent les fabrications.

Le chiffre des ouvriers dépasse 1 300.

Le nombre des techniciens 32, dessinateurs 24, emplo

Voici les particularités les plus intéressantes de cette fa
dont la tenue et la propreté sont incomparables.

Le *service téléphonique*, qui se compose d'un poste centr
à celui de la ville, pourvu de deux agents, où corres
82 appareils placés sur le bureau de chaque employé ou
maître, de façon qu'un quelconque d'entre eux peut co
quer par appel téléphonique, sans se déranger, so
n'importe lequel de ses collègues, soit avec la ville, s
les localités éloignées.

L'*atelier de dessins*, où une vingtaine de dessinateurs
lent, non sur des tables, mais sur des chevalets incli
planches à dessin (quelques-unes ont jusqu'à 6 m²) so
biles de haut en bas sur le chevalet, grâce à une manive
portée du dessinateur, mobile aussi de la même façon
port au chevalet et par rapport à la planche, la règle hori
le T, et sur ce T formant tablette, le dessinateur pose t
instruments. Si bien qu'il peut travailler à la hauteur
convient, assis ou debout, le corps hygiéniquement droi
courbé en deux sur une table. Le soir, l'éclairage lui est
par une lampe électrique à réflecteur fixée au bout de m
genouillères qu'il peut caler dans tous les points de l'esp
m'affirme que, après quelques jours d'habitude, les dessi
trouvent cette disposition supérieure à toute autre ; d'aille
chevalets, presque verticaux, occupent beaucoup moins d
que des tables, et peuvent recevoir des dessins de toutes
sions.

Le *laboratoire de Chimie*, où travaillent deux chimistes

ment occupés au contrôle des métaux et autres matières premières.

La Caisse. — A la suite de l'incendie de 1903, qui a détruit une quantité de modèles et d'archives, on a été amené à construire une bâtisse à trois étages, complètement blindée, avec garnitures ininflammables, dont les portes à secret s'ouvrent sur une baie correspondante à chaque étage du bâtiment des bureaux. Cette maison-caisse forme ainsi trois compartiments superposés de 12 m² chacun, où sont rangés les valeurs, livres, dessins, modèles précieux, etc. Un mécanisme ouvre en même temps que la porte une fenêtre également blindée, qui éclaire le visiteur tout le temps que la porte reste béante et qui se referme avec elle.

Disons en passant qu'un corps de 45 pompiers, pris parmi les ouvriers et munis des appareils les plus perfectionnés, sont exercés à lutter contre le feu.

Parmi les ateliers, je citerai :

Le *hall des machines-outils*, qui occupe une surface de 6000 à 8000 m², et renferme 700 machines-outils, quelques-unes de dimensions énormes. Au centre de cet atelier, qui forme un carré, se dresse une haute guérite vitrée sur toutes ses faces, d'une quarantaine de m²; le premier étage de ce poste de vigie est le bureau des contremaîtres. La vue y domine l'atelier tout entier.

L'atelier du travail des bois. — Long de 60 m, large de 15 ; chaque outil, scie, rabot, perceuse à bois, etc., est pourvu d'un carter métallique et d'un tube qui aspire tous les débris ligneux vers une conduite centrale où un ventilateur aspirant de 12 à 14 HP les entraîne dans un cyclone où ils sont séparés de l'air qui les a transportés. On ne trouverait pas dans tout cet atelier une pincée de sciure de bois. C'est un des exemples de la lutte partout entreprise contre les poussières.

Chaudières à vapeur. — Le chargement de la houille et le déchargement du mâchefer sont automatiques ; sauf sur le wagon qui les a amenés du dehors, le chef de ce service a la coquetterie de supprimer toute pelle dans son atelier.

Contrôle d'heures d'ouvriers. — A l'entrée de chaque atelier est une horloge munie d'un mécanisme ingénieux qui permet de

contrôler l'heure d'entrée et de sortie de chaque c
L'homme qui entre reçoit une fiche de carton portant so
il la présente par une fente au mécanisme en questi
composte sur la fiche l'heure indiquée par l'horloge ; mên
ration à la sortie. C'est d'après ces fiches que sont étab
feuilles de paie.

Buvette, soins médicaux, hygiène, bibliothèque. — Une buv
un cantinier vend de la viande froide, du fromage, de l
du café, du tabac, est, du matin au soir, librement ouvert
les ouvriers; l'ingénieur qui m'accompagne, Italien de nai
M. Caliari, me déclare que cette liberté absolue donnée
sonnel de se restaurer à toute heure, offre beaucoup m
perte de temps que la restauration à heure fixe par grou

Les soins médicaux immédiats sont donnés au personn
une infirmerie organisée *ad hoc* et tenue par un in
diplômé, qui dispose d'une pharmacie, d'un lit de ma
d'une civière ; à noter que tous les appareils de prép
des médicaments y sont à chauffage électrique. Tout à
trouvent les salles de bains et de douches gratuits, et pl
une bibliothèque à l'usage des ouvriers qui peuvent en
les livres. Dans un terrain contigu aux bâtiments est un
jeux et de gymnastique pour les enfants et jeunes ou
Toutes les villes et la plupart des grandes usines ont d
blables lieux de récréations.

La ville de Leipzig est particulièrement bien dotée
rapport : elle possède, en outre, sur une trentaine de
différents, des jardins ouvriers, fondation du docteur Sc
qui mériteraient une étude spéciale.

La Société Casella et C°.

Au point de vue de l'hygiène physique et morale des
laborieuses, il existe dans les grands établissements des
sations très complètes : c'est ainsi que je tiens d'un
amis, M. Lowengard, directeur de la succursale à Lyo
firme de matières colorantes Cassella et C°, d'Hœch
Francfort-sur-le-Mein, les détails suivants :

La Société Leopold Cassella und C°, de Franfort-sur-le
été fondée en 1870 ; elle possède un capital de 20 mill

marks et des obligations pour une somme de 10 millions de marks.

Dès le début de sa fondation, cet établissement s'est consacré à la fabrication des colorants dérivés du goudron de houille, à l'exclusion des colorants d'alizarine. Dans ces limites, il est, tant au point de vue de la qualité de ses produits, que de l'importance de sa fabrication, l'un des tout premiers d'Allemagne dans cette branche d'industrie.

Les circonstances particulières relatives aux droits d'entrée et aux brevets, ont rendu nécessaire la création de succursales en France (à Lyon) et en Russie (à Riga). En outre, cette maison possède, à New-York et à Bombay, des comptoirs de vente et, dans tous les centres industriels importants, ainsi que dans les grands ports de toutes les parties du monde, des Agences possédant un dépôt des produits fabriqués, des laboratoires et le personnel nécessaire.

L'usine emploie 35 machines à vapeur, représentant 3 310 ch, et 36 chaudières à vapeur ayant une surface de chauffe de 6 178 m²; sa consommation d'eau journalière dépasse 32 000 m³. Elle possède en propre une installation électrique et une usine à gaz; un embranchement la raccorde au Chemin de fer de l'État: elle possède, en outre, son propre quai d'embarquement sur le Mein, avec grue à vapeur et tout le matériel nécessaire.

La maison Leopold Cassella und C° occupe actuellement 2 300 ouvriers et 317 employés, dont 95 ont fait des études supérieures (universitaires). Quant aux ouvriers, ils ont tous fréquenté l'école primaire pendant huit années, de six à quatorze ans. Les apprentis sont, en outre, tenus de fréquenter l'école du soir, où ils reçoivent une instruction complémentaire.

L'usine admet des jeunes gens à partir de leur quatorzième année : ils commencent par un apprentissage de trois ans ; la maison ne passe pas de contrats avec les parents et n'est pas responsable des apprentis devant les autorités.

Sur le chiffre de 2 300 ouvriers cité plus haut :

1 100 ont moins de 5 années de service,
500 ont de 5 à 10 années de service,
600 ont de 10 à 20 années de service et
100 plus de 20 années de service.

Indépendamment de ses obligations résultant des différentes lois existantes (réglementation du travail et de l'industrie, assurance contre l'invalidité, contre les accidents, contre les mala-

dies), la maison a toujours considéré de son devoir de soigneusement au bien-être de ses ouvriers, à tous les p vue.

C'est ainsi que le taux des salaires a constamment ét dans une mesure proportionnelle aux besoins de la vie. pour les hommes, de 18 pfg = 0,225 f l'heure (sal ouvriers de quatorze à quinze ans) à 40 pfg = 56 cts, et femmes, de 13 à 29 pfg = 16 à 36 cts l'heure. Quant au de nuit, il est majoré de 15 0/0. Le salaire journalier mo ouvriers et des ouvrières, qui était de M. 2,96 en 1893, M. 4,16 (soit 5,20 f) en 1906.

D'une façon générale, le travail commence à six heures du matin pour finir à cinq heures du soir, avec inte d'une demi-heure le matin, de huit heures à huit h demie, pour le petit déjeuner (café), et d'une heure repas de midi (de midi à une heure).

Ces deux repas pris dans un réfectoire spécial, sont fou ouvriers à raison de M. 1 par semaine (soit 21 centi jour). Le nombre des ouvriers qui profitent de ce servic à environ 500 en été et 700 en hiver. Ajoutons que chac apporter ses propres provisions pour les consommer a toire. L'usage des spiritueux est interdit dans la fabrique fois les ouvriers peuvent s'y procurer du café ou de l'ea rale à raison de 2 pfg pour 3/4 de litre).

D'autre part, l'usine fournit à ses ouvriers des vêten travail. Mais sa sollicitude, à leur égard, ne s'arrête p attache une importance extrême aux mesures d'hygiène, propreté et logements.

Il existe à l'usine 4 établissements de bains compren cabines pour douches et 100 baignoires ; il y a, en plus, gnoires affectées à l'usage des chimistes et autres empl l'établissement. Dans le courant de l'année 1906, on a pr ron 400 000 bains et douches. Les essuie-mains et le sa délivrés gratuitement par l'usine.

Les employés ont également à leur disposition, pour leurs repas, un bâtiment spécial où fonctionne un « mes ventionné par l'usine. Dans ce même bâtiment sont réser appartements pour les employés célibataires. L'usine di 43 appartements d'employés, répartis sur un total de 37 r dont 34 sont disposées pour recevoir un ménage seulem maison a en outre fondé, à l'usage des ouvriers célib

5 dortoirs pouvant abriter 300 personnes, et fait construire 240 maisons d'habitation ouvrières, destinées chacune à un seul ménage. Le prix de ces maisons est de M. 6000 et le loyer annuel de M. 120. Chaque année de nouvelles maisons sont construites et mises à la disposition des ouvriers solliciteurs, en tenant compte du temps de service et du nombre d'enfants de chacun d'eux.

Un médecin est attaché spécialement à l'usine où se trouve aussi une station sanitaire et de secours, desservie par cinq aides, pour donner les premiers soins aux blessés en cas d'accident.

Tous les ouvriers ayant neuf ans de service à l'usine ont droit à un congé annuel de six jours; ce temps leur est payé à raison de M. 4,50 (5,50 f) par jour.

A l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de la fondation de la fabrique, il a été créé, en 1895, une caisse de retraite pour les employés et une autre pour les ouvriers.

La caisse de retraite des employés qui, depuis sa fondation, a été chaque année subventionnée par des subsides alloués par la maison, dispose maintenant d'un capital d'environ M. 1290000 (douze cent quatre-vingt-dix mille marks) et assure aux employés, en cas d'invalidité, une retraite, ou en cas de décès, à leurs veuves et orphelins, une pension les mettant à l'abri du besoin.

La caisse de secours et de retraite des ouvriers possède actuellement un capital de M. 1000000 (un million de marks). Elle accorde des secours en cas de besoin, fait des prêts d'argent dans des buts économiques en rapport avec la situation des ouvriers, assure le service des retraites et pensions aux ouvriers, ainsi qu'à leurs veuves et orphelins. Les pensions sont payées, sans préjudice de la retraite d'État, pour invalidité ou grand âge. Les participants à la caisse de secours et de retraites n'ont pas de cotisation à verser; la caisse est administrée avec le concours de délégués ouvriers.

Une autre caissse dite d'Augmentation de Pension a été fondée en 1906, à l'intention des surveillants et contremaîtres. Elle possède un capital de M. 100000 (cent mille marks). Les participants versent M. 4 par mois et, au bout de cinq ans, ont droit à une augmentation de pension, dont le minimum est fixé à M. 400 et qui augmente ensuite de M. 20 pour chaque nouvelle année de service.

La caisse de secours des ouvriers a versé, en 1906, pour subsides aux malades, frais de médecin, pharmacien, etc., une somme de M. 67789, soit 84786 f.

Enfin, pour stimuler le goût de l'épargne, l'usine a fondé, en 1895, une Caisse d'Épargne privée donnant des intérêts de 6 0/0 pour les sommes inférieures à M. 500, et soit 5 0/0, soit 4 1/2 0/0 pour les sommes supérieures.

L'usine dispose aussi d'une bibliothèque d'environ 4000 volumes, fréquemment consultée.

Dans tout ce qui précède, il n'est pas question des succursales.

La succursale française, la Manufacture Lyonnaise de Matières Colorantes a été fondée en 1885. Elle occupe un personnel d'environ 250 à 300 ouvriers et 90 à 100 chimistes, techniciens et employés. Elle possède une caisse de retraites et de secours indépendante de celle de la maison-mère, ayant ses statuts propres et disposant, à fin 1907, d'un capital dépassant 400000 f.

Elle a un restaurant économique pour ouvriers et employés, qui fonctionne depuis quinze ans, et dont les excédents sont annuellement distribués sous forme de dividende, aux participants.

Il y a également un service de consultations médicales, traitements des malades, et une institution de vacances gratuites.

L'usine travaille actuellement avec 12 chaudières et sa production est en augmentation constante depuis nombre d'années.

La Manufacture Lyonnaise de Matières Colorantes exploite les brevets de Léopold Cassella und C°. Son organisation et sa direction sont entièrement distinctes de celles de la maison Cassella. Elle ne traite des affaires qu'en France et dans les colonies françaises.

Les Ports. — Hambourg.

La production allemande donne matière, comme chacun sait, à une importation et à une exportation croissantes. Cet exposé, si long qu'il soit, serait incomplet s'il ne vous offrait un aperçu des moyens mis en œuvre pour les favoriser.

De même qu'en jaugeant un fleuve à son embouchure on se rend compte, l'évaporation naturelle étant écartée, de la quantité d'eau qui tombe dans son bassin, de même c'est dans les

ports maritimes que l'on retrouve la masse de marchandises qui excède la consommation nationale.

Kœnigsberg, Danzig, Stettin, Rostock, Lubeck, Kiel, Hambourg, Brême, Emden, Rotterdam (quoique en terre hollandaise, sur le delta du Rhin), presque tous situés vers l'embouchure d'un cours d'eau, sont les exutoires de l'industrie allemande.

Hambourg est celui qui impressionne le plus vivement l'imagination. Il est depuis longtemps le premier port d'Europe, et ne tardera pas à dépasser Londres. Je n'en connais pas, sans en excepter Anvers, Liverpool et Londres, dont l'aspect soit aussi saisissant, aussi grandiose, et où tant d'ordre s'unisse à un indescriptible mouvement.

En ce moment même, les installations sont encore en voie de considérables accroissements. Je choisirai parmi elles la plus importante de toutes, qui a grandi parallèlement à la métropole où elle a son siège, la *Compagnie de Navigation Hambourgeoise-Américaine*. Bien mieux que tous les développements numériques, un graphique extrait des livres de la Société donnera l'idée de son invraisemblable développement.

La Compagnie Hambourgeoise-Américaine.

Fondée en 1847, cette Compagnie, de beaucoup la plus importante du monde, a célébré en 1907 le soixantième anniversaire de son âge ; elle a pris possession en 1904 des nouveaux bassins de Kuhwärder. Ses plus gros navires remontent jusqu'à Hamburg, à 110 km de la mer.

Pour desservir ses 68 lignes actuelles de navigation, elle a, à ce jour, une flotte de 955 000 tx, qui était de 55 000 seulement en 1885. Parmi ses liners, dont le plus rapide, le *Deutschland*, a été récemment battu par le *Lusitania* et le *Mauretania* anglais, elle compte deux navires géants, l'*Amerika* et l'*Impératrice Augusta-Victoria*, de 25 000 tx; elle en comptera prochainement un de 30 000 tx, sur la construction duquel on garde le secret. J'ai entendu dire que son appareil moteur sera une combinaison de la machine à cylindres et de la machine à turbines.

D'ailleurs, les unités pour toutes les lignes vont toujours en augmentant de tonnage.

De l'examen des comptes rendus du Conseil d'administration aux actionnaires (1), je retiens les résultats financiers annuels

(1) *Jahresbericht der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Aktien Gesellschaft.*

suivants depuis 1900 (après paiement de l'intérêt des ob
tions) :

	Bénéfices en marks	Réserve const. neuves	Divident 0/0
1900. . . .	23 866 924	15 500 000	10
1901. . . .	19 354 521	14 400 000	6
1902. . . .	16 156 240	11 400 000	4 1
1903. . . .	20 306 774	13 800 000	6
1904. . . .	27 829 722	18 000 000	9
1905. . . .	36 142 987	24 000 000	11
1906. . . .	32 303 571	21 800 000	10
1907. . . .	25 235 496	17 800 000	6

Ce tableau succinct confirme la tendance générale des A
mands à placer en matériel neuf la plus grosse part de l
bénéfices annuels, puisque l'on met en réserve les deux
des bénéfices.

A ce propos je signalerai la façon d'évaluer les affair
Allemagne par le revenu et non par la cote des titres.

La lecture de ces rapports fait resssortir encore le soin j
avec lequel la direction de la Compagnie s'efforce de raj
constamment sa flotte en vendant chaque année à des So
étrangères ses unités vieillies.

C'est ainsi qu'en 1906 la Compagnie s'est débarrassé
16 paquebots jaugeant ensemble plus de 45 000 tx. L'année
avait été marquée par une vente extraordinaire de navi
l'Angleterre pour le transport des troupes au Transvaal
abaissement du tonnage en est résulté pour cette année-là

Le siège de la Société se dresse imposant sur le bassi
l'Alster. Au-dessus de sa porte monumentale se lit cette (or
leuse devise : « *Mein Feld ist die Welt* » (Mon domaine
monde). Il date d'une sixaine d'années. Vaste, aéré et lux
de nombreux employés en remplissent les étages superposé
fait communiquer entre eux un ascenseur continu, tel qu
existe d'ailleurs maints spécimens dans les grandes firm
Hambourg. Le sixième étage, dit Cabinet littéraire, est réserv
publicité; véritable ministère qui a un budget de plus
millions.

L'Exploitation des fauves de Hagenbeck.

Enfin, dans cette colossale ville de Hambourg, actuellement, à mon avis, la plus extraordinaire de l'Europe, se trouve monopolisée une exploitation par laquelle je terminerai cette étude.

Si l'on prend, à côté de la fameuse nouvelle gare principale (1907), qui a coûté 100 milllions et don't l'empereur lui-même a revu et amendé les plans, le tramway E et qu'on se laisse conduire jusqu'à son terminus, en dehors de la ville, après 50 minutes de trajet, on se trouve dans une plaine nue, devant l'entrée d'un parc tout neuf, même encore inachevé, où se dressent des rochers artificiels habités par des lions et des tigres; sur les sommets bondissent des chamois; plus loin, se creusent des vallons où pâturent des buffles et des girafes, s'étendent de petits lacs constamment agités par un peuple d'amphibies, au travers desquels semblent flotter des icebergs animés par des troupeaux d'ours blancs.

Ce *Paradis des animaux* a été créé de toutes pièces par M. Hagenbeck, le pourvoyeur mondial des jardins zoologiques et des ménageries. Spectacle unique que la vue de cette faune exotique qui paraît jouir là de sa liberté native dans un cadre réel qui semble un décor d'opéra.

Le *Paradis des animaux*, ouvert au public à la fin de l'hiver 1908, n'occupe encore que la moitié de sa superficie définitive ; une nuée de terrassiers et de jardiniers travaillent à son achèvement. M. Hagenbeck, qui a dans le monde entier 2 000 trappeurs ou chasseurs à son service, possède constamment ici pour plusieurs millions de francs d'animaux sauvages. La halle de dressage des fauves destinés aux ménageries ne présente pas la partie la moins curieuse de cet établissement, qui n'est en somme, lui aussi, qu'une merveilleuse exploitation commerciale avec exposition de sa marchandise vivante.

*
* *

Arrivé au terme de ce défilé un peu trop cinématographique de choses dont les plus anciennes ne datent pas de quinze ans, je devrais peut-être me résumer et conclure ; mais il me paraît

plus opportun de laisser à chacun le soin de tirer de cet
les plus profitables conclusions.

On voit de quelles armes les Allemands sont pourvus
lutte économique qui sera de plus en plus dans l'avenir la
de la guerre entre les peuples. La guerre étant ainsi défi
peut dire que l'homme qui depuis vingt ans gouverne
magne est le plus belliqueux des souverains.

Quant aux nations qui ne sont pas favorisées d'un
vigilante direction, d'une discipline scientifique aussi
cable et de tant de ressources techniques patiemment
mulées, je laisse à imaginer de quelles brillantes qualité
devront faire preuve, si elles veulent tenir tête à l'Alle

NOUVEAUX SYSTÈMES

DE

DISTILLATION DE LA HOUILLE

POUR LA PRODUCTION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE

PAR

M. H. MARQUISAN (1)

PREMIÈRE PARTIE

Dans l'exposé magistral que M. Reumaux, en inaugurant sa présidence, nous a fait de la situation de notre pays, au point de vue de ses ressources houillères, il nous a montré qu'en face d'un déficit qui a atteint, en 1907, le chiffre considérable de 18 millions de tonnes, il n'y avait malheureusement que des probabilités bien faibles d'une augmentation de notre capacité de production, aussi bien du fait de recherches nouvelles que de l'accroissement de l'extraction dans les sièges en exploitation.

M. Reumaux nous a montré la progression du déficit au cours des vingt dernières années et nous voyons ainsi que le développement de notre industrie a comme conséquence d'aggraver parallèlement la contribution que nous payons à l'étranger pour satisfaire aux besoins de notre consommation.

Cette situation économique donne un intérêt particulier à toutes les recherches qui visent une meilleure utilisation du précieux combustible et, d'une façon générale, à l'étude des divers modes de production et d'emploi de l'énergie.

Bien que se rapportant à une industrie spéciale, l'exposé des méthodes nouvelles de distillation pour la fabrication du gaz d'éclairage se rattache à cette question de la houille, suivie si anxieusement dans tous les pays, l'Angleterre en tête, et m'a paru mériter de vous être présenté, d'après les renseignements publiés à l'étranger et ceux que nous avons pu nous procurer à diverses sources.

(1) Séance du 1er mai 1908.

L'état actuel de l'industrie du gaz vous a été présenté par notre Président de l'an dernier dans un discours également magistral. C'est le seul qualificatif approprié que je trouve et je ne crains pas de le répéter.

M. Cornuault vous a tracé les progrès constants de la consommation du gaz, soit sur le terrain de l'éclairage, à côté de l'éclairage électrique, soit pour les applications sans cesse grandissantes du gaz de chauffage. Cette consommation de 900 millions de mètres cubes exige près de 3 millions et demi de tonnes de houilles, houilles spéciales dont la production est loin d'être également répartie entre les divers bassins français.

Mais pendant que d'autres industries, les produits chimiques, certaines branches de la métallurgie, etc., peuvent, au moins partiellement, emprunter l'énergie dont elles ont besoin à ce qu'il est convenu d'appeler la houille blanche, l'industrie du gaz, dans sa forme actuelle, que l'on peut considérer comme fixée pour une assez longue période, est forcée de chercher dans le charbon son aliment exclusif et un aliment qui doit être d'une qualité choisie.

Une part importante de ce tonnage est fournie régulièrement par l'Angleterre et par l'Allemagne ; le charbon américain est venu exceptionnellement dans les ports de la Méditerranée.

Si l'on considère les disponibilités en charbons à gaz des bassins du Centre et du Midi, l'absence de charbons riches en gaz dans celui du Gard, il apparaît que la pénétration des houilles à gaz étrangères par les ports de l'Océan et de la Méditerranée, ou par la frontière de l'Est, ne peut aller qu'en s'accentuant, au grand désavantage des usines consommatrices.

Permettez-moi, en passant, de vous signaler que l'Angleterre qui distille 15 millions de tonnes dans ses usines à gaz, l'Allemagne qui en distille 5 millions et demi, la Suisse, la Belgique, la Hollande, les États-Unis, peuvent réduire leur consommation de charbons à gaz, dans une mesure non indifférente, en mélangeant avec le gaz de houille une proportion de 20 à 30 0/0, et même quelquefois plus, de gaz à l'eau carburé, qui permet d'utiliser une certaine quantité du sous-produit coke, souvent encombrant pour les usines à gaz.

Au contraire, l'emploi en France de ce mélange n'a pu encore, d'une façon générale, obtenir le droit de cité, qu'un examen impartial de sa raison d'être pratique et de ses prétendus dangers pour l'hygiène publique, comparativement à toutes les autres

causes de contamination de l'atmosphère, aurait dû lui assurer pour le plus grand profit de l'économie du combustible.

On voit, cependant, qu'il n'est guère d'industries où l'épargne de la matière première devrait être plus encouragée et où la nécessité d'une bonne utilisation s'impose d'une façon plus impérieuse.

Il convient, du reste, de dire que, si les Ingénieurs qui se sont appliqués à l'étude de nouveaux systèmes de distillation ont eu pour objectif l'amélioration des conditions de la distillation, des rendements en gaz et en sous-produits, ils ont peut-être été guidés plus encore par le besoin d'améliorer les conditions du travail et par la recherche de la solution la plus économique du problème de la main-d'œuvre, problème particulièrement délicat pour des entreprises chargées d'un service public, soumises à des prix de vente maximum généralement intangibles, alors qu'elles ont à subir les exigences croissantes de leurs travailleurs, à compter avec la hausse de la matière première, la diminution de la valeur des sous-produits, due à la surproduction, et qu'à toutes ces charges viennent s'ajouter, comme c'est le cas fréquent aujourd'hui chez nous, des contributions, variables suivant les besoins financiers des municipalités, mais qui ne sont, le plus souvent, rien moins que modérées.

Les nouvelles méthodes de distillation sont représentées essentiellement, d'une part, par la cornue verticale, d'autre part par le système de distillation en grandes masses dans des fours à chambres plus ou moins analogues aux fours à coke.

Nous devons, au préalable, dire quelques mots du mode actuel de distillation, de ce que nous savons des phénomènes auxquels il donne lieu, des résultats qu'il fournit et des objections et reproches formulés à son encontre.

Tout d'abord, nous ignorons la composition immédiate de la houille, variable évidemment suivant les qualités.

Nous ne connaissons que sa composition élémentaire.

M. Sainte-Claire-Deville, dont les travaux pour toutes les branches de la chimie et de la physique appliquées à la technique du gaz forment un ensemble incomparable de renseignements, a fait, en partant de la composition élémentaire, une classification méthodique des houilles à gaz qui donne, pour le choix des houilles, des règles du plus grand intérêt pratique. Mais nous ne savons rien sur la manière dont les éléments sont groupés au sein de la houille, à l'état de composés solides à

molécules sans doute complexes, ni par quel processus, sous l'action de la chaleur, ces composés se transforment en d'autres composés solides et en produits volatils ou condensables, pour donner, d'une part, le coke et, de l'autre, le gaz et le goudron.

C'est Berthelot qui, par ses travaux sur les réactions pyrogénées, a, le premier, jeté quelque jour sur les réactions qui interviennent, sous l'action de la chaleur, entre les divers hydrocarbures.

Les divers travaux sur la question ont montré comment, sous la seule action de la chaleur, en partant d'un des carbures fondamentaux résultant de la décomposition de la substance carbonée, et qui sont les termes les plus simples des séries correspondantes :

Méthane, CH^4,
Éthane, C^2H^6,
Éthylène, C^2H^4,
Acétylène, C^2H^2,

on arrive par synthèse, réactions réciproques, dissociation ou polymérisation, à obtenir un mélange de différents carbures qui sera fonction des températures, des masses, des temps et des vitesses de réactions (Borias, *Traité de la fabrication du gaz*).

L'accroissement de la chaleur, son effet prolongé, tendent principalement à donner naissance à des carbures de plus en plus condensés, appartenant à la série aromatique, dans lesquels la proportion de carbone va en augmentant, pour aboutir, à la limite, au carbone presque pur, tandis que, d'autre part, l'hydrogène se sépare.

Au début de la distillation, le gaz est surtout riche en hydrocarbures de la série grasse, contient plus de méthane, est pauvre en hydrogène. A la fin, la proportion est renversée. De même, les premières vapeurs goudronneuses qui se condensent sont plus riches en huiles légères et donnent un goudron plus fluide; à la fin, l'effet inverse se produit et le goudron s'épaissit également par les particules de carbone que les vapeurs ont entraînées.

On conçoit donc que la composition du gaz d'éclairage est éminemment variable. Elle dépend de beaucoup d'éléments, mais avant tout de la température de la distillation et du temps pendant lequel les produits de la distillation restent exposés à l'action de la chaleur.

Les chiffres suivants représentent, d'après l'ouvrage récent de chäfer, une composition moyenne de gaz de fabrication couante ayant une densité de 0,41 et correspondant à un rendement e 300 m³ à la tonne :

	Volumes.	Poids.
Hydrogène	49 0/0	8,2 0/0
Méthane	34	45,3
Oxyde de carbone . . .	8	18,7
Éthylène, propylène, etc.	4	9,3
Benzol	1	6,5
Acide carbonique	2	7,3
Azote	2	4,7
	100,00	100,00

Si on considère les pouvoirs éclairants de divers carbures de ;az à égalité de volumes, on trouve entre eux les proportions uivantes :

Pouvoir éclairant en Bougies-heures Hefner ou en Carcels pour 150 l de gaz :

Méthane	6 B.	0,552 C.
Éthylène	68	6,25
Acétylène	240	22,08
Benzol	420	38,64

C'est le benzol — dont le rôle dans le gaz d'éclairage a été :tudié de la façon la plus complète par M. Sainte-Claire-Deville, [ui donne au gaz la majeure partie de son pouvoir éclairant; ar l'acétylène ne s'y rencontre qu'en très faible quantité, ontrairement aux résultats d'anciennes analyses.

M. Sainte-Claire-Deville a trouvé également que le pouvoir :clairant d'un gaz moyen de Paris était dû à :

Benzol . . . . pour .	62,5 0/0
Éthylène (3 0/0)	10,0
Gaz des marais	10,0
Propylène, etc., pertes	17,5
Total du pouvoir éclairant . .	100,00

Par contre, si on recherche le pouvoir calorifique, suivant la ormule de Dulong, d'après les pouvoirs calorifiques des consti-

tuants, on trouve que le méthane fournit plus de la moitié du pouvoir calorifique du gaz.

Les chiffres suivants montrent l'influence de la température sur le rendement et la qualité du gaz produit.

Pour 100 kg de charbon, on a :

	Rendement.	Pouvoir éclairant bougies Hefner.	Pouvoir éclairant carcels
	—	—	—
Au rouge sombre (environ 700 degrés)	23,3 m^3	20,5	1,88
Au rouge clair (900 degrés) . .	27,5 »	17,8	1.63
Au rouge orange (1 100 degrés)	34,0 »	15,6	1,43

On voit qu'à mesure que la température monte, le rendement va en croissant; le pouvoir éclairant diminue, mais le nombre de bougies-heures ou de carcels-heures fourni par tonne de houille, et qui est la caractéristique de la valeur des charbons va en croissant.

Le pouvoir calorifique va également en diminuant à mesure que la teneur en hydrogène augmente, la teneur en méthane diminuant en même temps.

L'influence de la température sur la nature des produits obtenus ressort, sous une autre forme, des résultats suivants d'expériences effectuées par M. Sainte-Claire-Deville :

	Distillation à la température du rouge sombre.		Distillation à la température du rouge vif.	
	—		—	
Rendement en gaz par 100 kg de houille	19,71 m^3		28,79 m^3	
Rendement en goudron par 100 kg.	8,78 kg		4,94 kg	
Benzol par 100 kg dans le gaz. . .	0,69	0,86 kg	1,12	1,17 kg
Benzol par 100 kg dans le goudron.	0,17		0,05	

Composition des benzols existants dans le gaz :

Proportion bouillant entre 80 et 90 degrés	39,76 0/0	57,60 0/0
Proportion bouillant entre 90 et 105 degrés	28,10	20,90
Proportion bouillant entre 105 et 110 degrés.	27,10	19,80
Proportion bouillant au-dessus de 110 degrés.	5,07	1,70

Il importe donc, dans la fabrication du gaz, de régler la température et les conditions de la distillation de manière à avoir un rendement en gaz aussi grand que possible, tout en conservant la plus forte proportion possible d'hydrocarbures, nécessaires pour le pouvoir éclairant, et aussi de méthane, nécessaire pour le pouvoir calorifique. Ces diverses conditions ne peuvent coexister que dans certaines limites.

D'autre part, une élévation anormale de la température, outre qu'elle est une diminution de la qualité du gaz, a, au point de vue pratique, l'inconvénient de provoquer des dépôts de graphite dans la cornue, de suie dans le goudron et de donner lieu à la formation dans le gaz de naphtaline, qui se dépose très facilement à l'état solide dans les appareils et dans toutes les parties de la canalisation qu'elle obstrue.

La production du gaz d'éclairage s'est opérée, pendant de longues années, dans des cornues horizontales, presque exclusivement d'abord chargées à la pelle ou à la cuiller. Ce n'est qu'à une date récente que les machines à charger sont entrées dans la pratique courante. C'est qu'en effet la répartition convenable de la charge était considérée, avec raison, comme une condition essentielle d'une bonne distillation et le jet à la pelle, avec des chauffeurs habiles et exercés, assurait cette répartition avec une régularité que les premières machines n'égalaient pas. En outre, le système des petites charges était considéré, en général, comme plus avantageux à une époque où le chauffage des fours n'était pas aussi perfectionné qu'il l'a été par la suite; on reprochait aux fortes charges d'abaisser la température des cornues. Cette théorie des charges réduites, basée, du reste, sur des raisons sérieuses, a été longtemps adoptée par la presque unanimité des gaziers.

C'est vers 1885 que M. André Coze, directeur du Gaz de Reims, actuellement président de la Société Technique et du Syndicat de l'Industrie du Gaz en France, trouvait, avec la cornue inclinée, « une solution aussi élégante que simple du chargement et du déchargement mécaniques des cornues (1). » Depuis cette époque, le four Coze n'a cessé de recevoir des applications multiples, surtout, nous devons le dire, à l'étranger, parmi lesquelles les plus importantes, faites à Édimbourg, à Zurich, à l'usine de Mariendorf, à Berlin, sont de date relative-

(1) Paul Mallet. *Revue des principales innovations apportées dans l'industrie du gaz*, 1903.

ment récente. Quelles que puissent être les préférences individuelles des techniciens pour les cornues horizontales servies par les nouvelles machines ou pour les cornues inclinées et quel que soit l'avenir de la cornue verticale ou de tout autre système, le four Coze peut être considéré comme un des grands progrès réalisés dans l'industrie du gaz. Le principe de l'inclinaison n'a pas dit, d'ailleurs, son dernier mot, et nous verrons ce même principe adopté pour les fours à chambre de Munich et de Hambourg et même appliqué dans de récentes dispositions de fours à coke.

Les progrès réalisés dans les machines à charger au cours de ces dernières années, notamment par l'emploi des machines lanceuses de Brower, Sautter-Harlé, Cabrier, combinées avec les défourneuses et les entraîneurs de coke, ont rajeuni la cornue horizontale et permis à ses partisans de défendre le maintien d'un système de four qui présente des avantages au point de vue de la simplicité de la construction et du fonctionnement et qui s'adapte à toutes les sortes de charbons. L'emploi des machines à charger a permis également d'augmenter la quantité de charbon distillé par cornue, avantage incontestable au point de vue économique, malgré l'intérêt que peuvent présenter, à un point de vue théorique, les charges réduites.

Les figures 1, 2 et 3 *(P. 158)* représentent des coupes de fours à cornues inclinées et à cornues horizontales, servies par des machines de Brower et des machines, système Compagnie Parisienne (Harlé et C[ie]).

Bien que ces dispositions soient connues, nous les reproduisons, comme termes de comparaison avec les appareils que nous décrirons plus loin.

Les mérites comparés des cornues inclinées et des cornues horizontales chargées mécaniquement ont donné lieu partout à de nombreuses discussions, aboutissant à des évaluations souvent contradictoires, soit pour les frais de premier établissement, soit pour les frais de main-d'œuvre et de service courant.

Mais, qu'il s'agisse de cornues horizontales chargées mécaniquement ou de cornues inclinées, avec des longueurs de 3 à 6 mètres et des charges variant en conséquence, avec des durées de distillation de 4 heures, de 4 h. 48 ou de 6 heures, les choses se passent de la même façon.

Les opérations répétées de chargement et de déchargement entraînent chaque fois des manœuvres d'ouverture et de ferme-

ture des tampons de cornues et, quelque rapides qu'elles soient, elles sont une cause de pertes de gaz et, éventuellement, de rentrées d'air, de refroidissement des cornues. L'usure des outils, notamment, dans les cornues horizontales, des outils exposés à la chaleur, est d'autant plus grande que les opérations sont plus fréquentes. Il en est de même de l'usure des cornues soumises au choc des outils.

Au point de vue chimique, si on examine, en nous reportant à ce qui a été dit de l'action de la chaleur sur les hydrocarbures, les phénomènes qui se passent au cours de la distillation d'une charge, on voit que ce sont les parties qui touchent les parois, c'est-à-dire « les plus échauffées, qui distillent les premières; la surface de la charge distille un peu moins vite, parce qu'elle n'est chauffée que par rayonnement. La transmission de la chaleur se fait à travers le combustible décomposé jusqu'au centre qui distille en dernier lieu ». (Euchène. *Communication au Congrès de l'Industrie du Gaz. Paris. 1900.*)

Les hydrocarbures lourds qui se forment, au début, dans les parties de la charge les plus exposées à la chaleur subissent, dans leur trajet jusqu'au tuyau de la cornue, le contact des parois chauffées et le rayonnement de la chaleur dans l'espace libre laissé autour de la charge, au sommet et un peu sur les côtés.

A côté de la température, d'autres facteurs, tels que l'importance de la charge, la pression dans la cornue, le nombre des issues offertes au gaz, interviennent aussi dans la question de décomposition du gaz.

Les premiers gaz formés peuvent encore sortir de la cornue sans subir de notables altérations; mais, à mesure que la chaleur pénètre dans la masse, les hydrocarbures formés dans les diverses couches de houille sont soumis à une nouvelle cause de décomposition, en traversant, avant d'entrer dans l'espace libre, des couches de coke déjà formées, dont l'étendue et la température croissent à mesure que la distillation avance et qui continuent à dégager les gaz qu'elles renferment encore et qui sont, pour la plus grande partie, des gaz permanents, tels que le méthane et surtout l'hydrogène.

La qualité du gaz, la proportion des hydrocarbures éclairants et du méthane vont donc en s'abaissant progressivement, tandis que les proportions d'hydrogène, de carbures condensés, tels que la naphtaline, et de carbone libre, vont en progressant.

On sait aussi qu'à ces hautes températures l'ammoniaque déjà

formé se décompose et que la quantité de cyanogène dans le gaz augmente.

De même, l'acide sulfhydrique diminue et l'on a plus de sulfure de carbone, dont l'élimination est plus difficile.

Ces phénomènes vont en s'accentuant à mesure que la température augmente, à moins que la distillation ne soit pas assez poussée, auquel cas le centre de la charge peut ne pas être suffisamment distillé.

Un chimiste anglais, M. Harold Colman, qui a fait, dans une lecture à l'Association des Gaziers anglais, à Manchester, en novembre 1907, une analyse pénétrante de la marche de la distillation dans les cornues horizontales et inclinées, comparativement avec les cornues verticales continues et discontinues, conclut ainsi :

« La forme actuelle de la carbonisation ne donne pas la solution définitive du problème. Ce que l'on cherche, c'est une méthode dans laquelle le charbon soit chauffé à une haute température, sans qu'en même temps les gaz et les vapeurs produits soient exposés à une chaleur trop élevée. Il est évident, d'après ce qui a été dit, que cela est impossible avec les dispositions actuelles des cornues horizontales ou inclinées où existe un espace libre au-dessus du charbon et que, pour cela, il faut abandonner complètement le mode de procéder en usage.

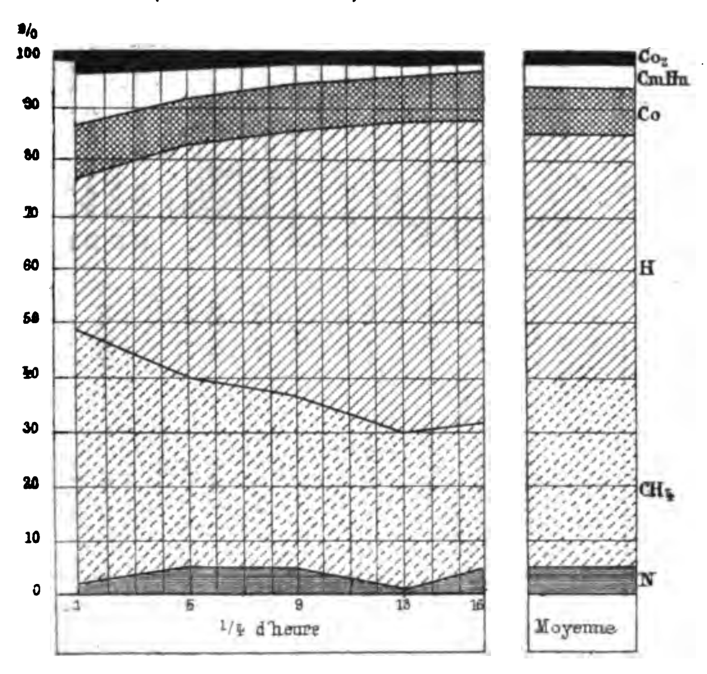
» C'est le désir d'atteindre ce but qui a conduit, durant ces dernières années, plusieurs chercheurs à adopter la cornue verticale. »

Et le professeur Lewes (1), dont le nom est universellement connu dans le monde gazier, dit encore :

« La carbonisation idéale du charbon consisterait à soumettre chaque particule à une température parfaitement uniforme. réglée de telle façon que la décomposition des hydrocarbures de la houille rendrait des gaz hydrocarbonés du plus grand pouvoir éclairant possible..... Après avoir gazéifié les hydrocarbures, ce qui est ensuite essentiel, c'est de les chasser aussi rapidement que possible hors de la zone de chaleur, afin d'empêcher toute action secondaire qui, par décomposition ou polymérisation, les dissocierait en gaz de moindre valeur pour le chauffage et l'éclairage. On voit de suite que l'*uniformité d'action* est, en réalité, la clef du succès dans tout procédé de carbonisation. »

(1) Cité par M. Thos. Settle, d'Exeter : « A Criticism of the Dessau vertical Retort Setting and Working ». *Journal of Gas Lighting*, 13 mars 1906.

Fig. 1. - Variation de la composition du gaz épuré pendant une distillation de 4 heures (charbon de la Saar). — A. SCHAFER.



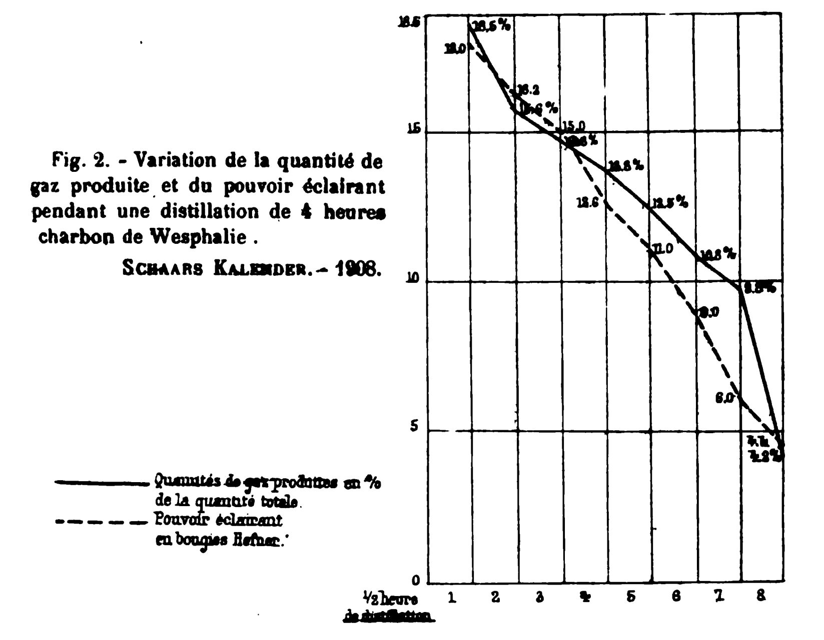


Fig. 2. - Variation de la quantité de gaz produite et du pouvoir éclairant pendant une distillation de 4 heures charbon de Wesphalie.

SCHAARS KALENDER. - 1908.

Résultats moyens pour les trois charbons.

DÉSIGNATION DES RENSEIGNEMENTS			1re heure	2e heure	3e heure	4e heure
Pouvoir éclairant du gaz normal.		Carcels par mètre cube	11,020	8,977	5,342	0,273
		Dépense pour 1 carcel en litres	90,77	111,42	107,21	3 663,0
Densité du gaz (à 0 degré et 760 mm)			0,4894	0,4130	0,3264	0,2306
Analyse volumétrique.		(a) Vapeur de benzol	1,390 } 7,287	1,243 } 4,430	0,340 } 1,860	0,247 } 0,557
		(b) Hydrocarbures éthyléniques	5,897	3,187	1,020	0,310
		Oxyde de carbone	9,863	9,185	8,790	8,847
		Acide carbonique	2,867	2,220	1,513	0,640
		Oxygène	1,270	1,183	1,303	1,033
	Méthode de Péligot.	Gaz des marais et azote	38,600	34,532	27,523	15,957
		Hydrogène	40,107	48,450	59,511	72,966
		Total	100,00	100,00	100,00	100,00
	Procédé au palladium.	Gaz des marais	32,894	28,876	19,344	10,240
		Hydrogène	45,230	51,800	64,500	74,247
		Azote	0,583	2,306	2,690	4,436
		Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Benzol en poids par mètre cube.		Condensé à 21°,7 gr.	28,369	22,911	7,898	0,000
		Condensé à 80 degrés gr.	20,756	21,283	20,209	9,189
		Total	49,125	44,194	28,107	9,189

Fig. 3

Diagramme de la composition volumétrique, du pouvoir éclairant et de la densité du gaz.

Nous avons vu que les conditions actuelles de production du gaz diffèrent notablement des conditions idéales exposées par le professeur Lewes.

Cette différence ressort encore plus clairement des graphiques et chiffres précédents *(fig. 1 et 2)*, choisis parmi les nombreux essais faits sur les variations de composition, de qualité, etc., du gaz au cours de la distillation.

Enfin, le tableau et le graphique *(fig. 3)* ci-contre donnent la moyenne des essais faits par M. Sainte-Claire-Deville sur trois charbons : Durham (Londonderry), Blanzy, Lens. Les courbes sont, du reste, comme allure, sensiblement les mêmes pour ces trois charbons.

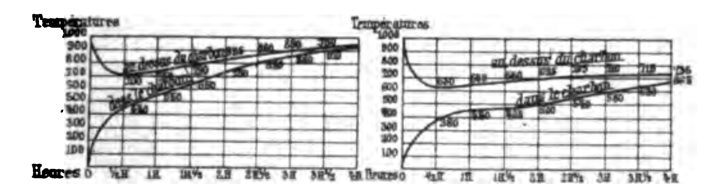
Les variations des divers éléments du gaz, de son pouvoir éclairant et de sa densité, pendant les quatre heures de la distillation, apparaissent ainsi d'une façon caractéristique et l'on constate que l'on est loin de l'uniformité d'action représentée comme l'idéal.

Enfin, il convient de rapprocher de ces résultats les courbes des températures prises dans les cornues pendant une distillation de quatre heures et qui sont données par M. Euchène dans son importante et si instructive communication de 1900 *(fig. 4)*.

Fig. 4

Progression de la température pendant la distillation

1° à 1m30 de l'entrée de la cornue 2° à 0m45 de l'entrée de la cornue



Nous verrons, comparativement à ces diverses données de la distillation dans les conditions actuelles, celles fournies par les nouveaux systèmes : cornues verticales et fours à chambres.

Il y a, en ce qui concerne la cornue verticale, à distinguer :

1° celle dans laquelle les opérations de chargement et de déchargement s'effectuent comme dans les cornues actuelles horizontales ou inclinées (seulement avec des charges plus fortes et une durée de distillation plus longue). C'est le type créé

par le docteur Bueb de Dessau, et que l'on peut appeler la cornue allemande, intermittente ou discontinue. C'est celle qui a pris aujourd'hui la plus grande extension et elle est entrée réellement dans la pratique ;

2° la cornue verticale continue, dans laquelle le chargement de la houille s'effectue à des intervalles très rapprochés, par petits paquets, et dans laquelle le coke est évacué également d'une façon continue. (Dans certains types, cependant, la sortie du coke ne s'effectuait pas avec la même continuité que l'introduction du charbon.)

Ce système a été essayé en France. Mais c'est en Angleterre qu'il a été surtout l'objet de recherches suivies, qui ont abouti à des résultats remarquables, avec la cornue de MM. Woodall-Duckham, qui est loin cependant d'avoir reçu à ce jour des applications étendues comme celles du docteur Bueb.

D'autres inventeurs, tout en cherchant la cornue continue, ont eu aussi en vue de décomposer le goudron, d'en gazéifier une partie, afin d'augmenter le rendement total en gaz et d'enrichir le gaz produit au moyen des hydrocarbures fournis par la décomposition du goudron, comme cela avait été d'ailleurs essayé en Angleterre dans le procédé Dinsmore en cornues horizontales.

Enfin, dans toutes les cornues verticales, en Allemagne comme en Angleterre, les inventeurs se sont préoccupés soit d'introduire dans la cornue la vapeur d'eau produite par l'extinction du coke, soit d'y injecter de la vapeur, afin de produire du gaz à l'eau au contact du coke rouge ; le gaz à l'eau vient s'autocarburer dans la cornue, facilite l'entraînement du gaz de houille, augmente le rendement total du gaz, mais, s'il y a excès, aux dépens de sa qualité, et contribue également à l'accroissement de la teneur en ammoniaque.

La cornue verticale, par sa forme, se prête évidemment très bien à cette introduction de vapeur qui peut être pratiquée, mais moins commodément, *a priori*, dans les autres dispositions de cornues, par exemple dans les chambres de Munich, où des essais dans ce sens se poursuivent actuellement.

On a dit, non sans quelque fondement, que la cornue verticale ne constituait point par elle-même une nouveauté. On a rappelé les premiers appareils employés par Murdoch, vers 1800, qui étaient suspendus verticalement au-dessus du foyer et qu'il avait abandonnés presque immédiatement pour la cornue horizontale, après avoir essayé également la disposition inclinée. A diverses

reprises, dans l'histoire de l'industrie du gaz, la cornue verticale a reparu, mais d'une façon tout à fait éphémère. C'est ainsi qu'à Lyon, M. de Craponne, Ingénieur de la Compagnie du gaz, l'avait essayée autrefois.

On a rappelé aussi le précédent du four à coke Appolt, qui fonctionne encore dans certaines houillères, à Blanzy, notamment, et surtout celui des cornues verticales employées pour la distillation continue des schistes bitumineux, en Écosse et ailleurs, et sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir.

Et, de même au four à chambre de Munich pour la distillation en grandes masses et avec durée prolongée, on peut opposer le four Pauwells, qui fonctionna autrefois au Gaz de Paris.

Schilling, dans son Traité classique, en indiquant diverses combinaisons qui avaient été imaginées dans les premières années de l'industrie du gaz pour obtenir une distillation plus parfaite, soit en diminuant le poids de la houille, soit en augmentant les surfaces de chauffe, soit en poussant plus loin la décomposition des premiers produits de la distillation, ajoute : « Il existe un grand nombre de procédés dont le succès ne paraît avoir été compromis que par des circonstances secondaires, mais qui représentent des principes plus ou moins exacts et dont l'application portera peut-être un jour des fruits pour la fabrication du gaz. »

Il ne s'agit pas de savoir si, dans les procédés qui apparaissent, tout est absolument nouveau, mais de considérer les résultats et par quelles recherches persévérantes, appuyées sur la théorie comme sur la pratique, ils ont été obtenus.

Ainsi que l'a dit le Professeur Bunte, au Congrès de Brême, en 1906, la différence des procédés de distillation en cornues verticales ou horizontales ne vient pas de la forme de l'appareil, mais du principe qui a guidé le docteur Bueb et qui peut aussi bien être appliqué dans d'autres cornues, et qui consiste à remplir la cornue : « Il n'y a pas, dit-il, de doute que le remplissage complet ne présente des avantages essentiels, soit pour la production du gaz, soit pour le rendement en coke, comme pour les sous-produits. »

Nous voyons ainsi l'importance capitale attribuée au remplissage, c'est-à-dire à la suppression de l'espace libre, comme celui qui existe au-dessus de la charge dans les cornues horizontales ou inclinées, dans les conditions actuelles de travail. Ce point spécial n'est pas la seule caractéristique des méthodes nou-

velles, mais on peut dire qu'il est la caractéristique essentielle, et cela aussi bien dans la distillation discontinue que dans celle continue, exception faite toutefois pour les systèmes où l'on cherche à décomposer le goudron, en laissant précisément au haut de la cornue un espace libre, chauffé à la température jugée convenable pour cette décomposition.

Sous réserve de ce cas particulier, on peut dire que l'opinion presque unanime préconise le remplissage, attribuant à l'espace libre la plupart des inconvénients reprochés aux procédés suivis jusqu'à ce jour et à sa suppression, comme le dit le professeur Bunte, les améliorations constatées dans les nouvelles méthodes de travail. C'est également le même principe que nous trouvons dans les descriptions de la plupart des brevets pris pour de nouveaux appareils.

La question, ainsi ramenée sur ce point particulier, paraît donc, *a priori*, placée sur un terrain assez restreint et l'on pourrait s'étonner de l'ampleur des discussions auxquelles elle a donné lieu, si elle n'avait comme conséquence des modifications profondes à introduire dans les installations, dans les habitudes de travail, avec la perspective de progrès à réaliser et si tout ce qui touche à la distillation n'empruntait, en quelque sorte, un surcroît d'intérêt à notre ignorance relative des réactions qui s'accomplissent au sein de la masse charbonneuse.

DEUXIÈME PARTIE

Cornue verticale de Dessau.

Nous avons indiqué précédemment comment on pouvait classer les divers systèmes de cornues. Un nombre considérable de types ont été imaginés, décrits, brevetés. Tout ce qui a paru à ce sujet forme un ensemble bibliographique extrêmement volumineux (1). Bien que plusieurs de ces appareils mériteraient d'être mentionnés et décrits, nous ne parlerons que de ceux qui, à notre connaissance, ont reçu une application plus ou moins étendue ou qui nous ont paru présenter un intérêt spécial, à raison de leur principe ou des discussions soulevées à leur sujet.

Nous commencerons par la cornue verticale à chargement et déchargement intermittents du docteur Bueb.

C'est à Dessau, dans le duché d'Anhalt, que le Docteur Bueb, alors ingénieur à la Compagnie Continentale du Gaz de Dessau qui exploite un grand nombre d'usines à gaz, commença, il y a déjà un certain nombre d'années, ses recherches, d'abord sur des fours du genre fours à coke modifiés, puis en abordant la cornue verticale.

Le nom du Docteur Bueb est, du reste, attaché à d'autres travaux du plus grand intérêt pour l'industrie du gaz, notamment sur la naphtaline et sur l'extraction du cyanogène et, en ce qui concerne le cyanogène, sur l'application de son procédé au traitement des résidus de la fabrication du sucre.

Les premières recherches du Docteur Bueb montrèrent que, contrairement aux idées admises sur la distillation dans les cornues verticales :

1° on pouvait, en général, chauffer les cornues verticales à de hautes températures sans produire un gonflement du charbon et une pression dangereuse sur les parois, et qu'il n'était pas nécessaire, comme on le croyait communément, de laisser un espace libre dans la cornue pour l'expansion du combustible ;

(1) Voir nomenclature bibliographique sur la cornue verticale, *Journal of Gas Lighting* 1906, vol. IV, p. 374. Cette bibliographie n'a fait depuis que s'accroître.

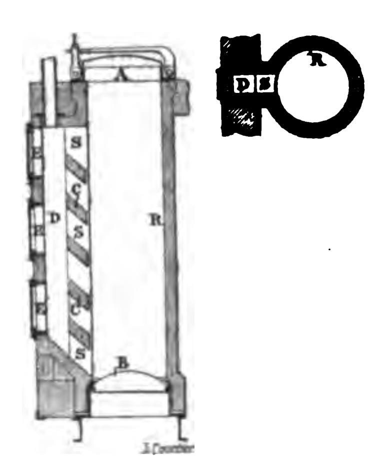
2° on pouvait, avec des dispositions appropriées de construction et de chauffage du four, empêcher la destruction des hydrocarbures qui forment les éléments éclairants du gaz, en permettant au gaz de sortir de la cornue, sitôt après sa formation, le plus rapidement possible et par le plus court chemin, sans rester en contact prolongé avec les parois fortement chauffées ou avec le coke incandescent.

Dans un premier four à six cornues qui fut construit, la cornue n'était chauffée que sur trois faces, le gaz s'échappant latéralement à diverses hauteurs sur toute la longueur de la cornue, dans une partie où il n'était pas exposé à l'action directe de la chaleur. La cornue n'étant chauffée que sur trois côtés, le chauffage s'opérait dans des conditions peu favorables.

Le principe de cette disposition se trouve dans un brevet pris en Angleterre, dès 1892, par la Compagnie Continentale de Dessau et par le Docteur Bueb (*fig. 5*).

Fig. 5.

Premier Four Bueb — 1892.



Par des modifications et reconstructions successives, et après un persévérant travail auquel prirent la part la plus active, à côté du Docteur Bueb, M. Drory, directeur de la Compagnie Impériale Continentale de Berlin et, avec lui, M. Ernest Körting, qui, après la mort prématurée de M. Drory, fut son successeur, le Docteur Bueb présentait, au Congrès gazier allemand de 1905, le type de four à dix cornues verticales de 4 m de haut, dont nous donnons ci-après le schéma, et annonçait les résultats pleinement satisfaisants qu'il avait obtenus avec des charbons de diverses provenances.

Nous parlerons plus loin de ces résultats. Il convient de mentionner tout d'abord que la charge par cornue est d'environ 500 kg de charbon passé au broyeur, et la durée de distillation de huit à dix heures, suivant les provenances, soit une capacité de production par cornue et par vingt-quatre heures d'environ 400 m³. En dehors de la forme, la première caracté-

ristique du four Bueb est donc l'importance de la charge et la durée de la distillation.

Un autre point important à noter est que la température maximum qui est de 1 300 à 1 400 degrés se trouve au bas du four.

Four de Dessau

Fig. 6. — Section verticale suivant C D

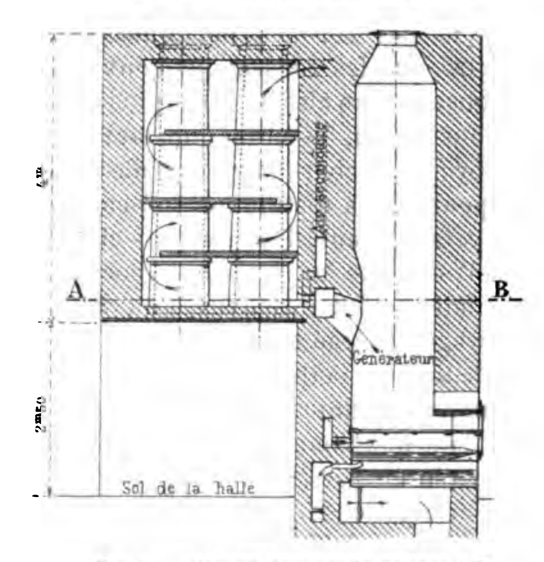
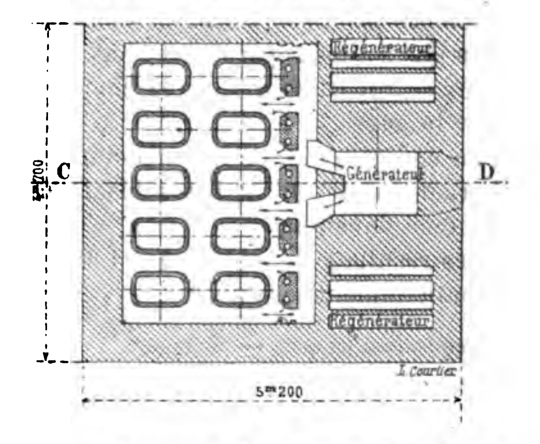


Fig 7. — Section horizontale suivant A B



On voit sur les figures 6 et 7 la disposition du générateur et des régénérateurs qui lui sont accolés, ainsi que le chemin suivi par les gaz de chauffage. Les dimensions du générateur sont telles qu'il n'a besoin d'être alimenté que toutes les vingt-quatre heures.

Le décrassage a lieu seulement toutes les quarante-huit heures et dure une demi-heure.

Les figures 1 à 7 de la planche 159 (usines de Cologne et d'Oberspree) représentent le dessus des fours avec les dispositifs de chargement des cornues et des gazogènes et les barillets, la partie inférieure où le coke sortant des cornues tombe à travers un wagonnet sur un entraineur de Brower. Les fermetures inférieures des cornues sont commandées par une disposition générale qu'un seul ouvrier peut manœuvrer de l'extérieur des fours.

Toutes les parties du four et du générateur sont d'un accès commode, très faciles à visiter et à surveiller, ce qui constitue un avantage considérable.

D'après l'expérience qui résulte d'une marche prolongée, puisqu'à Dessau on emploie les cornues verticales depuis le mois de juin 1905 et, à l'usine d'Oberspree, à Berlin, depuis le mois de juin 1906, on peut compter sur une durée équivalente au moins à celle des cornues horizontales; l'expérience a également montré que les réparations pouvaient s'effectuer dans les conditions les plus aisées et les plus économiques.

Nous dirons, de suite, que, lorsqu'on fait le chargement, pour éviter que le charbon ne se colle contre la tête de cornue du bas et, pour que la distillation soit complète dans toutes les parties, on verse, avant de mettre le charbon, une couche légère de fraisis de coke au fond de la cornue. Cette manœuvre supplémentaire se fait au moyen d'un wagonet mesureur placé à côté du wagon chargé de houille, et qui court à la partie supérieure du bâtiment. Cette introduction d'une couche de coke est de pratique courante dans la marche en cornue verticale.

Il faut mentionner également la disposition adoptée à l'usine d'Oberspree par M. E. Korting, en vue d'empêcher la distillation tumultueuse et la surpression considérable qui se produiraient au fond de la cornue, si l'on ne chargeait que du charbon menu. Le charbon menu et les gaillettes, après avoir été amenés ensemble par l'élévateur, passent sur une trémie, sont envoyés dans des soutes séparées et sont chargés séparément ; les morceaux se répartissent dans la charge en ménageant des passages pour le gaz.

En ce qui concerne la main-d'œuvre, un ouvrier au niveau de chargement et un en bas suffisent pour le service de dix fours et même davantage.

Les résultats annoncés, dès 1905, par le docteur Bueb, étaient essentiellement les suivants :

Rendement en gaz. — Suivant la houille, 31 à 33 m^3 par 100 kg, ce qui ne dépasse pas, du reste, ce qu'on peut obtenir en bonne marche et avec de bons charbons dans les cornues horizontales ou inclinées.

Pouvoir éclairant — Plutôt supérieur à celui des cornues horizontales (environ 13 bougies Hefner au bec Argand de 142 litres à l'heure).

Pouvoir calorifique. — 5 400 à 5 100 calories à 15 degrés et à 760 mm.

Rendement en coke. — 71 0/0 avec du charbon de Westphalie; coke de qualité supérieure, plus dense, plus dur, en plus gros morceaux; moins de déchet qu'avec les cornues horizontales.

Chauffage. — La proportion de coke consommé était de 14 0/0 du poids de la charge; teneur du coke en cendres 6 à 8 0/0.

Rendement en ammoniaque. — Supérieur de 25 à 30 0/0 au rendement ordinaire.

Rendement en goudron. — 5,6 à 5,8 0/0 par 100 kg de houille. Mais le point spécial est que le goudron est une huile brune, fluide, ne renfermant que 2 à 4 0/0 de carbone libre, contenant, par rapport au goudron ordinaire, beaucoup d'huiles légères, moins de naphtaline et donnant beaucoup moins de brai.

Voici, pour une houille anglaise, les compositions comparées de goudron :

	Cornues	
	verticales	horizontales
Eau ammoniacale	2,17 0/0	3,50 0/0
Huile légère	5,85 »	3,10 »
— moyenne	12,32 »	7,68 »
— lourde	11,95 »	10,15 »
— anthracénique	15,86 »	11,54 »
— brai.	49,75 »	62,00 »
— pertes.	2,00 »	0,03 »
	100,00 0/0	100,00 0/0

Enfin, le gaz d'éclairage renfermait moins de naphtaline que le gaz ordinaire.

On voit ainsi que, malgré la température du four qui atteint 1 300 à 1 400 degrés à la partie inférieure où elle est maximum, les produits de la distillation formés à cette haute température ont pu être évacués, sans subir des effets de décomposition, comme ceux que nous avons signalés à propos des cornues horizontales ou inclinées où les produits sont forcés de traverser l'espace libre le long des parois, ainsi que la masse du coke incandescent.

Les pouvoirs éclairant et calorifique du gaz, la qualité du goudron, la diminution de naphtaline dans le gaz et le goudron

de cyanogène dans le gaz, la proportion notablement plus grande d'ammoniaque, tous ces faits montrent que la distillation s'est opérée dans des conditions différentes des conditions ordinaires, plus rationnelles, et ce, malgré la haute température.

Le Docteur Bueb explique ces résultats par ce fait que le gaz, au lieu de sortir indistinctement à travers la houille en voie de carbonisation et de se diriger à travers le coke incandescent ou de suivre les parois échauffées, se dirige vers le milieu où se trouve une sorte de canal central dont la température reste toujours relativement basse, ainsi que cela ressort de mesures pyrométriques. La température du centre, de 90 degrés au début, monte progressivement, mais n'atteint 620 degrés qu'au bout de neuf heures.

Les couches périphériques de coke, en se durcissant — et ce durcissement est en raison directe de la hauteur de combustible superposé — offrent au passage du gaz une résistance plus grande que les couches de houille intérieures non distillées. Le gaz trouve donc, vers et par le noyau central refroidi, un chemin de moindre résistance par où il s'échappe. Il en est de même pour les vapeurs qui forment le goudron. La carbonisation se fait ainsi concentriquement de l'extérieur vers l'intérieur.

De plus, la vitesse de sortie du gaz à travers les intervalles de la charge est plus grande que dans la cornue horizontale, où l'espace laissé libre est plus considérable et permet au gaz de séjourner plus lentement. Le docteur Bueb estime que le gaz dans la cornue verticale séjourne cinq fois moins de temps que dans la cornue horizontale ou inclinée. Le gaz sort à une température beaucoup plus basse que dans la cornue horizontale ou inclinée. Cette température est de 190 degrés une heure après le chargement, atteint 318 degrés au bout de quatre heures et descend à 188 degrés à la dixième heure, alors que, d'après M. Euchène, la température moyenne des produits au sortir des cornues est de 650 degrés environ. M. Foulis, à Glasgow, avait indiqué un chiffre voisin, soit 600 degrés.

On peut se demander, toutefois, si le coke, qui, quelque dur qu'il soit, n'est pas une masse absolument compacte, ne présente pas des fissures par lesquelles les gaz doivent avoir aussi tendance à s'échapper pour aller rejoindre les parois, et, partant, si la théorie du noyau central du docteur Bueb ne présente pas aussi de ce fait, si je puis dire, quelque fissure.

Nous trouvons, dans une communication de M. Hilgenstock au

Congrès de Dusseldorf, en 1902, sur la question des fours à coke et de leur application éventuelle à la fabrication du gaz, la mention d'un fait qu'il parait intéressant de rappeler à propos du passage du gaz dans la cornue verticale de Dessau.

A propos de la manière dont le coke se forme dans la carbonisation, dans les fours horizontaux Otto ou autres et de l'intervention de la vapeur d'eau dans cette formation, M. Hilgenstock, en s'appuyant sur des expériences, montre comment, même avec un charbon sec, l'humidité provenant de l'eau de constitution qui s'évapore, va en cheminant et en augmentant vers le centre pendant la carbonisation et comment, dans chaque veine de coke en voie de formation, il existe une sorte de paroi (ou de diaphragme) goudronneuse, chauffée, du côté de l'extérieur, par le coke déjà formé, refroidie de l'autre côté par le charbon non distillé et soumis à l'influence de la vapeur qui se condense.

On peut admettre que le même fait se passe dans la cornue verticale, et, que ce soit l'effet de cette sorte de cloison ou que ce soit la vapeur d'eau qui, chassée vers le centre, entraine avec elle les gaz déjà formés, on peut admettre une action du même genre pour expliquer l'entrainement des gaz et des vapeurs goudronneuses vers le noyau central refroidi. Ce passage de la communication de M. Hilgenstock m'a semblé mériter d'attirer l'attention.

La ville de Dessau et ses faubourgs (65 000 habitants) sont complètement desservis par des cornues verticales.

La mise en service du nouveau système fut, avec raison, considérée comme un fait de haute importance dans l'histoire de l'industrie du gaz et saluée avec enthousiasme par les gaziers allemands, orientés depuis plusieurs années sur la distillation en grande masse, soit au moyen des fours genre fours à coke, soit avec la cornue verticale.

En Angleterre, où l'on cherchait la solution dans la voie de la continuité de la charge, l'événement fut accueilli avec certaines réserves ; on discuta la nouveauté de l'invention, la question du rendement, la proportion de combustible employée pour le chauffage (14 à 15 0/0), la pression au fond de la cornue, puis le coût probable de l'entretien, etc. La lecture, durant cette période, de l'important organe gazier de l'Angleterre, le *Journal of Gas Lighting*, dont les articles de tête sont rédigés d'une façon si remarquable et souvent pleins d'humour, présente à ce point de vue un intérêt assez piquant.

Il est à remarquer, du reste, que la Compagnie Impériale Continentale de Berlin, que dirige M. E. Körting, qui, avec le docteur Bueb, a collaboré si activement au développement de la cornue verticale, est une Compagnie anglaise. Aussi bien, les gaziers anglais reconnaissaient hautement l'importance du progrès réalisé par leurs confrères allemands et, au Congrès de Dublin, en 1907, attribuaient à M. E. Körting la médaille d'or de l'Institution pour la communication qu'il avait faite l'année précédente au Congrès tenu à Londres sur « La cornue verticale au point de vue pratique ». Récemment, M. Hunt, l'éminent président de l'Institution of Gas Engineers en 1907, revenant d'un voyage sur le continent, s'exprimait ainsi : « J'en ai vu assez pour dire que la cornue verticale est, entre les mains de nos confrères allemands, devenue un fait accompli (1). »

Au Congrès des Gaziers allemands de Brême, en 1906, le docteur Bueb annonçait, qu'après une année d'exploitation, les résultats obtenus en 1905 étaient non seulement confirmés, mais notablement dépassés. Il signalait l'emploi fait à Dessau et à Mariendorf de la vapeur. L'introduction de la vapeur se faisait pendant les dernières heures de la distillation, non au centre de la charge, mais à la partie inférieure et latéralement entre le coke et la paroi de la cornue. Le gaz à l'eau ainsi produit, en faible quantité du reste, s'ajoutant au gaz de houille, on obtenait, avec une houille à gaz de qualité normale, un rendement aux 100 kg de plus de 35 m³, tout en gardant un pouvoir calorifique supérieur à 5000 calories. La vapeur d'eau aide également au dégraphitage des cornues.

Il est vrai que, dans ce cas, le pouvoir éclairant était passablement réduit par rapport à celui du gaz de houille pur ; de même, mais à un degré moindre, le pouvoir calorifique ; toutefois, ce dernier, étant de 5 000 calories au moins, est largement suffisant pour un gaz de qualité normale.

Les résultats des expériences faites à Dessau avec des charbons anglais et allemand sont consignés dans les deux tableaux et dans les graphiques suivants.

On voit que la distillation dure plus longtemps avec le charbon anglais qui distille moins vite ; la charge est, du reste, plus forte.

Les graphiques montrent bien la marche de la distillation pendant toute la durée.

On constatera, notamment l'uniformité relative de la produc-

(1) *Journal of Gas Lighting*, 1908. Vol. 1, page 404.

tion horaire; la décroissance ne s'accentue que pendant les deux dernières heures.

Le Docteur Bueb attribue cette uniformité relative à la distillation supplémentaire qui se produit, pendant toute la durée de l'opération, dans les couches de coke de la périphérie, exposées pendant un temps beaucoup plus long que dans la cornue horizontale à l'action d'une haute température.

Pendant que l'on développait à Dessau la cornue de 4 m, M. E. Körting procédait à Berlin à l'essai de cornues de 5 m avec des fours à douze cornues, en vue d'arriver à une plus grande économie et aussi (1) pour avoir une plus grande hauteur de coke, afin de faire travailler la cornue comme un générateur de gaz à l'eau, en introduisant une quantité assez importante de vapeur, tout en gardant un bon pouvoir calorifique.

L'installation de Mariendorf entrait en marche en novembre 1905 et donnait des résultats analogues à ceux de la cornue de 4 m, sauf que le pouvoir éclairant était notablement réduit du fait de cette surélévation de 1 m. C'est ainsi qu'au meeting de l'Institut des Ingénieurs anglais à Londres, le 20 juin 1906, où la question de la cornue verticale était traitée à deux points de vue différents : « au point de vue scientifique » par M. Thos Glover, de Norwich, et, comme nous l'avons dit, « au point de vue pratique » par M. E. Körting, ce dernier, en confirmant les avantages connus du système vertical, donnait les chiffres suivants obtenus avec du charbon de Durham :

Sans vapeur : 326 m^3 de gaz par tonne à 5 457 calories (pouvoir supérieur) et 13,5 bougies anglaises.

Avec vapeur : 369 m^3 de gaz par tonne à 5 211 calories et 11 bougies.

La discussion sur la cornue verticale à ce meeting, à laquelle nombre de gaziers connus en Angleterre prirent part, est d'une lecture des plus instructives, à cause des idées qui y ont été échangées.

Les résultats favorables fournis par la cornue de Dessau étaient jugés partout comme suffisamment sûrs pour qu'à fin 1906 le Docteur Bueb pût annoncer qu'il y avait en construction diverses installations formant ensemble soixante et onze fours, soit sept cent dix cornues, parmi lesquelles celles de Zurich, Dortmund, Cologne, cette dernière avec vingt-quatre

(1) M. H. G. Colman. *Journal of Gas Lighting*, 17 mars 1908. « The four metre and five metre Dessau Vertical Retort. »

TABLEAU A. — Ch[illegible]

R[illegible]

HEURES	GAZ PRODUIT par 2 000 kg de charbon		POUVOIR ÉCLAIRANT bec à fente 150 litres			POUVOIR CALO[illegible] (16°, 758 mm, [illegible])	
	mètres cubes	0/0 de la quantité totale	bougies Hefner	mètres cubes bougies Hefner	0/0 du total des bougies	calories	mètres cub[illegible] calorie[illegible]
0	»	»	»	»	»	»	
1/2	»	»	25,5	»	»	»	»
3/4	»	»	24,5	»	»	7 072	.
1	74	11,5	24,0	1 776	19,1	6 815	492 830
2	66	10,3	18,9	1 247	13,4	6 020	397 2[illegible]
3	64	10,0	18,4	1 178	12,7	5 669	362 8[illegible]
4	58	9,1	16,7	969	10,4	5 562	322 [illegible]
5	56	8,7	16,0	895	9,6	5 348	299 5[illegible]
6	56	8,7	14,6	818	8,8	5 229	292 8[illegible]
7	54	8,4	12,7	686	7,4	5 060	273 2[illegible]
8	52	8,1	12,5	516	5,5	5 004	260 200
9	53	8,2	10,6	562	6,0	4 884	258 880
10	51	7,9	9,0	459	4,9	4 228	215 630
11	40	6,2	5,1	204	2,2	3 850	154 030
12	18	2,9	»	»	»	3 370	60 660
	642	100,0		9 310	100,0		3 390 48[illegible]
Valeurs moyennes	32,1 m³ par 100 kg			13,0			5 284 = 5[illegible] (15°, 760 m[illegible] sec)

is : New-Leverson.

ion sur 2 000 kg.

AMMONIAQUE		CYANOGÈNE			DENSITÉ DU GAZ ÉPURÉ	
NH^3 gr. abs.	0/0 du total	prussiate jaune gr. par 100 m^3	prussiate jaune gr. abs.	0/0 du total	δ	δ mètres cubes
»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	0,52	»
»	»	»	»	»	0,49	»
929	14,6	350	259	8,2	0,48	35,5
850	13,3	468	289	9,1	0,45	29,7
952	15,0	516	330	10,4	0,43	28,4
731	11,5	550	319	10,1	0,42	24,4
661	10,4	516	289	9,1	0,41	23,0
538	8,5	602	337	10,7	0,40	22,4
457	7,2	624	337	10,7	0,40	21,6
386	6,1	564	293	9,4	0,39	20,3
313	4,9	518	275	8,7	0,37	19,6
283	4,4	416	212	6,7	0,35	17,9
187	2,9	390	156	5,0	0,31	12,4
76	1,2	206	59	1,9	0,27	4,8
6 363	100,0		3 145	100,0		260,0
318 gr. NH^3 par 100 kg			490 gr. pr. jaune par 100 kg			moyenne 0,41

Tableau B. — Char

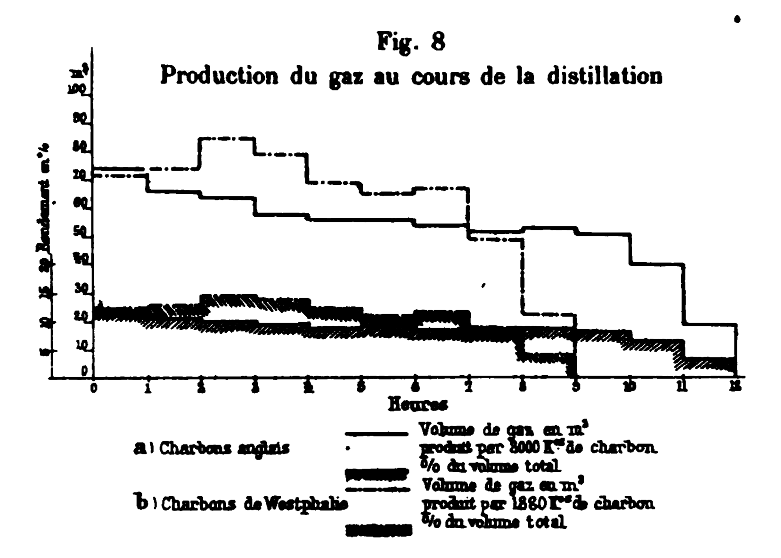
Résultats de l

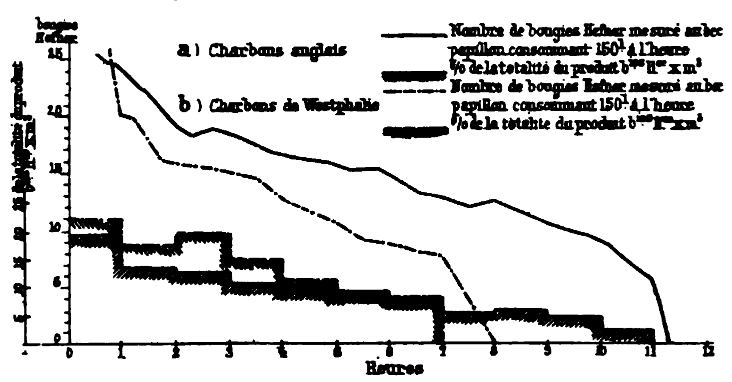
HEURES	GAZ PRODUIT par 1 880 kg de charbon		POUVOIR ÉCLAIRANT bec à fente 150 l			POUVOIR CALORI (16°, 749 mm, hu	
	mètres cubes	0/0 de la quantité totale	Bougies Hefner	mètres cubes bougies	0/0 du total des bougies	Calories	mètres cubes calories
0	»	»	»	»	»	»	»
1/4	»	»	»	»	»	5 682	
1/2	»	»	»	»	»	6 584	»
3/4	»	»	26,4	»	»	7 017	»
1	72	12,4	20,1	1 447	21,6	6 399	460 72[illegible]
2	74	12,7	15,7	1 162	17,3	5 868	434 232
3	85	14,6	15,1	1 284	19,2	5 511	468 435
4	79	13,9	12,5	988	14,7	5 376	424 704
5	69	11,9	10,5	725	10,8	5 004	345 276
6	65	11,2	8,9	579	8,7	4 878	317 070
7	67	11,5	7,7	516	7,7	4 266	285 822
8	49	8,3	0	0	»	3 884	190 316
9	22	3,7	0	0	»	3 310	72 82[illegible]
	582	100,0	»	6 701	100,0	»	2 999 [illegible]
Valeurs moyennes	31,0 m³ par 100 kg			11,7			5 153 = 5 2[illegible] (15°,760 m[illegible] sec

ıalie : Mont Cenis.

kg.

AMMONIAQUE		CYANOGÈNE			DENSITÉ DU GAZ ÉPURÉ	
NH_3 gr. abs.	0/0 du total	Prussiate jaune gr. par 100 m³	Prussiate jaune gr. abs.	0/0 du total	δ	δ mètres cubes
»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»
1 034	17,2	364	262	10,7	0,48	34,6
1 101	18,2	390	289	11,7	0,48	35,6
1209	20,0	494	420	17,0	0,48	40,8
849	14,1	520	411	16,6	0,48	37,9
587	9,7	624	430	17,4	0,48	33,1
508	8,4	468	303	12,3	0,39	25,3
431	7,1	234	157	6,3	0,36	24,1
230	3,8	234	153	6,2	0,33	16,2
94	1,5	208	46	1,8	0,30	6,6
6 043	100,0	»	2 475	100,0	»	254,2
322 gr. NH_3 par 100 kg			427 gr. par 100 kg			Densité moyenne = 0,4


Fig. 8
Production du gaz au cours de la distillation
m³
Rendement en %
Heures
a) Charbons anglais
Volume de gaz en m³ produit par 8000 Kgs de charbon
% du volume total
b) Charbons de Westphalie
Volume de gaz en m³ produit par 1880 Kgs de charbon
% du volume total


Pouvoir éclairant au cours de la distillation
bougies Hefner
Heures
a) Charbons anglais
Nombre de bougies Hefner mesuré au bec papillon consommant 150 l à l'heure
% de la totalité du produit
b) Charbons de Westphalie
Nombre de bougies Hefhar mesuré au bec papillon consommant 150 l à l'heure
% de la totalité du produit

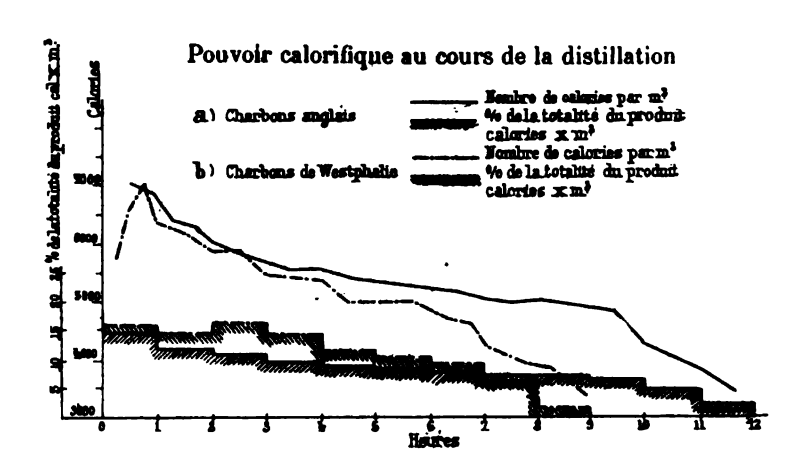
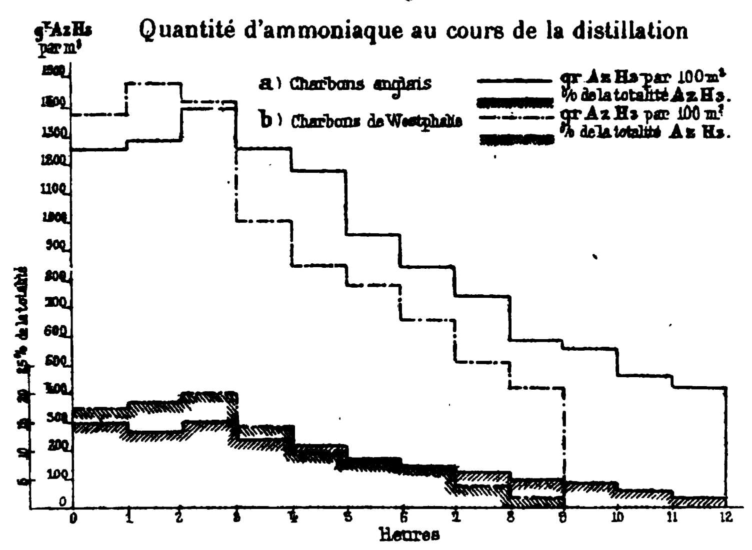
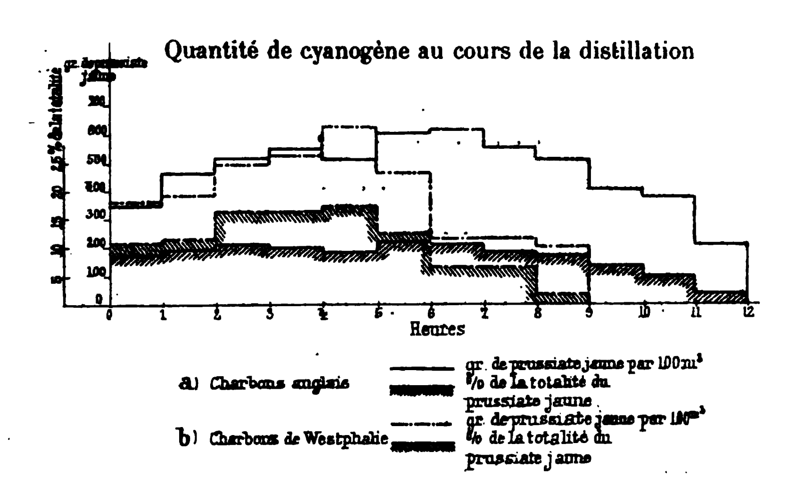
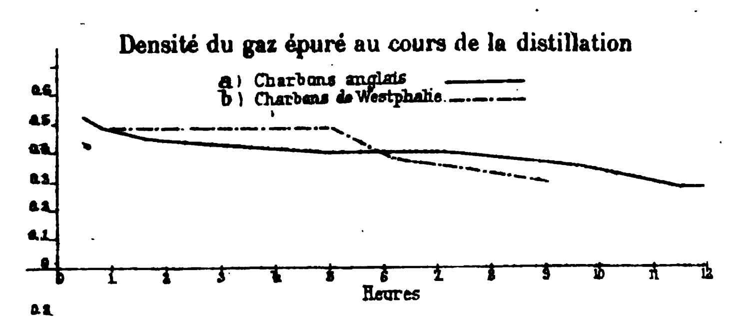

Pouvoir calorifique au cours de la distillation
Calories
% de la totalité du produit cal x m³
Heures
a) Charbons anglais
Nombre de calories par m³
% de la totalité du produit calories x m³
b) Charbons de Westphalie
Nombre de calories par m³
% de la totalité du produit calories x m³

Fig. 9


Quantité d'ammoniaque au cours de la distillation
a) Charbons anglais
b) Charbons de Westphalie
Heures


Quantité de cyanogène au cours de la distillation
Heures
a) Charbons anglais
b) Charbons de Westphalie


Densité du gaz épuré au cours de la distillation
a) Charbons anglais
b) Charbons de Westphalie
Heures

fours, correspondant à une production journalière de 85000 m³ (la production maximum de Cologne a été en 1906 de 210000 m³, dont 50000 environ de gaz à l'eau).

Nous donnons dans la planche 159 quelques vues de cette importante installation, qui a été décrite par M. Prenger, directeur du Gaz de Cologne, au Congrès gazier allemand de 1907 (1).

(1) M. Prenger a publié récemment, dans un rapport à la réunion de l'Association des Ingénieurs de gaz, d'électricité et d'eau de la région du Rhin et de la Westphalie (Cologne, 1er février 1908), les résultats fournis par cette installation depuis le 6 juin 1907.

Il se déclare très satisfait de la manière dont les fours se sont comportés et de l'économie réalisée sur la main-d'œuvre. Il compte, par ouvrier des fours, un rendement journalier en gaz de 4350 m³ contre 1880 m³ avec les cornues inclinées et 540 m³ avec les cornues horizontales (il ne donne pas, du reste, ce qui serait utile pour la comparaison, de détails à l'appui de ces deux derniers chiffres).

Il signale qu'il a eu, au début, avec les charbons employés (Ruhr) dans les barillets et les tuyaux montants, des goudrons épais et des formations de brai. Il a supprimé presque complètement ces inconvénients en arrosant les tuyaux de sortie du gaz.

Il fait, tous les trente ou trente-cinq jours, le dégraphitage. Cette opération dure onze heures.

Des essais spéciaux ont été faits pour comparer les résultats sans vapeur et avec introduction de vapeur dans les deux dernières heures.

On a obtenu :

		Sans vapeur. Durée de 10 heures.	Avec vapeur. Durée de 4 heures.	
Rendement en gaz par 100 kg de houille (à 15 degrés et 760 mm)	m³	33,25	36,42	37,95
Pouvoir éclairant (bougies Hefner, 150 l, bec Argand à 0 degré et 760 mm)		14,3	10,98	9,5
Pouvoir calorifique super. à 0 degré et 760 mm	cal.	5412	5202	5147
Chauffage par 100 kg de houille	0/0	15,6	17,20	17,23
— par 100 m³ de gaz		47,84	46,42	44,92
Composition du gaz :				
CmHn	0/0	3,5	3,0	2,6
CO	—	8,9	12,0	13,0
CH^4	—	28,74	26,2	22,9
H	—	53,73	52,5	56,1

Le rendement en goudron était de 4,17 kg par 100 kg de houille.

Le goudron donnait :

		Au barillet.	Après condensation.
Densité		1,143	1,095
Huiles légères (jusqu'à 170 degrés	0/0	2,0	5,3
Brai	—	42,0	31,2

Rendement en sulfate : environ 1 kg par 100 kg de houille.

Teneur en soufre. . .	par 100 m³ de gaz.		33,45 g	contre 50,2 g	avant l'introduction des cornues verticales.
— sulfure de carbone .	—	—	39,71	— 70 à 71 g	
— cyanogène .	—	—	182,2	— 240 g	

Des graphiques représentent les variations de la production, des pouvoirs éclairant et calorique, de la densité, pendant la distillation de onze heures, soit en chargeant toutes les cornues à la fois, soit en en chargeant la moitié toutes les six heures ou le quart toutes les trois heures. Dans ce dernier cas, on arrive, pour la production et la composition du gaz moyen obtenu pendant les onze heures, à avoir des courbes assez régulières.

Les résultats communiqués par le directeur de Cologne sont très intéressants et il est à désirer que l'on puisse connaître également bientôt ceux obtenus dans d'autres installations de cornue du même système.

Depuis cette époque, la cornue de Dessau a continué à se répandre; mais c'est le type de 4 m de haut qui a été généralement adopté.

Un document très intéressant et qui emprunte une grande autorité aux conditions dans lesquelles il a paru, est l'enquête faite, en 1907, par la Compagnie l'Union des Gaz, en vue d'établir à Gênes une installation de cornues verticales devant comprendre au début huit fours et pouvant plus tard être triplée.

C'est surtout au point de vue de la main-d'œuvre et à cause des difficultés ouvrières, particulièrement graves en Italie dans ces dernières années, que l'Union des Gaz a été amenée à adopter ce système.

Les essais faits par ses Ingénieurs à Dessau et à Oberspree avec divers charbons, anglais (Boldon), Lens, etc., ont démontré qu'on obtenait plus facilement le pouvoir éclairant exigé (105 l par carcel) avec le modèle de 4 m. La diminution de pouvoir éclairant dans le type de 5 m (correspondant aux analyses de gaz faites par ces ingénieurs) leur a paru résulter de ce fait que la température à la base de la cornue, qui est de 1 400 degrés dans la cornue de 5 m, ne dépasse pas 1 300 degrés dans celle de Dessau et que, dans cette dernière, la température décroît moins rapidement depuis la base jusqu'au sommet.

Ils ont, par ailleurs, constaté les divers avantages préconisés en faveur du système et ont été surtout frappés par la simplicité des manœuvres et la réduction de la main-d'œuvre.

M. Körting a, dans une grande étude publiée le 14 janvier 1908 par le *Journal of Gas Lighting*, fait la comparaison du prix de revient de la production du gaz, du coût de la main-d'œuvre, de l'entretien, des frais de premier établissement dans le cas du type de 5 m de Berlin, travaillant avec la vapeur, par rapport aux anciens systèmes, spécialement aux cornues Coze de 4,80 m de l'usine de Mariendorf.

Sa Compagnie a, en effet, installé les cornues verticales, d'une part dans l'usine d'Oberspree, qui est, pour ainsi dire, le champ d'expériences et dessert un quartier restreint; d'autre part, dans la grande usine de Mariendorf, où fonctionnent, depuis un temps déjà assez long, sept fours de douze cornues, d'une production journalière de 14700 pieds cubes ou 416 m³ par vingt-quatre heures.

Cette batterie occupe un des côtés d'une grande halle, parallèlement aux cornues Coze, et on est en train de la doubler

A côté de ce bâtiment, on en construit actuellement un autre pour une installation de cornues verticales de 5 m qui produira 150 000 m³ par jour.

L'examen des chiffres comparatifs de M. E. Körting présente un intérêt réel, mais un peu spécial (1). Pour quelques articles, notamment pour l'entretien, il indique que, faute d'une expérience suffisamment prolongée, il a dû faire certaines hypothèses.

Admettant, pour faire la comparaison, que l'on charge le prix de revient des anciens systèmes d'une quote-part de frais équivalant au coût de la production des 40 m³ de gaz à l'eau produits en supplément dans la cornue verticale, M. Körting arrive aux prix de revient suivants :

	Centimes.
Cornues horizontales à grilles	5,59
— — avec machinerie hydraulique et régénérateur.	4,41
Cornues Coze	3,91
Cornues verticales	2,88

par mètre cube fabriqué à l'usine.

Ces chiffres sont établis avec de la houille à 25 f les 1000 kg, du coke à 22,50 f pour les anciennes cornues et à 23,125 f pour les cornues verticales. Il attribue aussi au goudron de ces dernières une plus-value de 1 demi-mark par 100 kg. Les rendements comparés sont les suivants, ainsi que les proportions de combustible employées pour le chauffage :

	Gaz sans vapeur d'eau.	Coke.	Goudron.	Ammoniaque.	Chauffage.
	mètres cubes	0/0	0/0	kilogr.	0/0
Cornues horizontales à grilles.	305	66,0	4,5	2,50	24
Cornues horizontales avec machinerie .	320	63,5	4,5	2,40	14
Cornues Coze. . . .	305	63,5	4,5	2,65	12
Cornues verticales .	320	68,5	5,0	3,20	14

Et M. Körting, résumant les économies qui résultent des perfectionnements successifs apportés à la fabrication du gaz depuis les anciens fours à grilles, d'abord avec les fours à régénérateurs,

(1) Voir pour l'examen de ces chiffres, le *Journal des Usines à gaz*, du 5 février 1908.

puis avec la machinerie, puis avec les cornues inclinées de Coze (1) et enfin avec la cornue verticale, fait cette réflexion mélancolique, mais bien justifiée : « qu'après tant d'efforts et d'ingéniosité dépensés, on n'a réalisé qu'un profit total égal à 17 0/0 du prix de vente du gaz, alors que le charbon, les salaires se sont accrus dans une proportion énorme, que les installations nouvelles perfectionnées exigent des capitaux considérables et que, par ailleurs, la réduction des prix de vente, les charges imposées par les municipalités et la concurrence électrique sont venues aggraver considérablement les conditions de l'industrie gazière. »

Au point de vue de la main-d'œuvre, il compare le travail nécessaire pour neuf fours Coze (quatre-vingt-une cornues) et les sept fours verticaux de Mariendorf, en prenant pour unité l'heure-ouvrier. La production du gaz par vingt-quatre heures est de 30 000 m^3 avec les neuf fours Coze et de 35 000 m^3 avec les fours verticaux, la différence de 5 000 m^3, au profit de ceux-ci, venant du gaz à l'eau produit.

Il trouve :

Avec le four Coze, 38,4 heures-ouvriers, soit 1,28 par 1 000 m^3;

Avec le four vertical, 14,3 heures-ouvriers, soit 0,41 par 1 000 m^3.

Il fait remarquer avec raison que les conditions de travail pour le service des cornues, des générateurs, pour le dégorgement des tuyaux montants, si pénible avec certains charbons, sont rendues infiniment moins dures pour l'ouvrier, que la chaleur rayonnée est bien moins élevée et que les ennuis de la fumée, de la poussière, sont également notablement diminués, pour le plus grand profit de l'hygiène et de la commodité des ouvriers.

En ce qui concerne les frais de premier établissement, il convient de mentionner que la cornue verticale permet d'alléger le bâtiment et de réaliser de ce chef une certaine économie. M. Körting a étudié pour Oberspree un système de construction très judicieux, économique et résistant à la fois, dans lequel on se sert des armatures des fours pour supporter les charges verticales, tandis que les charges latérales sont reportées sur les fondations des fours et des murs extérieurs.

(1) Il considère que la cornue horizontale ouverte aux deux extrémités et avec la manutention mécanique doit donner des résultats économiques équivalant à ceux des fours Coze.

La figure 10 représente en coupe le bâtiment et les fours de l'usine d'Obersprée dont nous reproduisons dans la planche 158 la disposition générale.

Nous avons vu par ce qui précède que la comparaison des deux types, de 4 m et de 5 m, présente un grand intérêt.

M. Körting reconnaît que le cinquième mètre est, dans une certaine mesure, défavorable au pouvoir éclairant. En Allemagne, dans presque toutes les villes, il est admis avec raison qu'avec les nouveaux modes d'éclairage par incandescence, répandus partout, le pouvoir éclairant n'a plus qu'une impor-

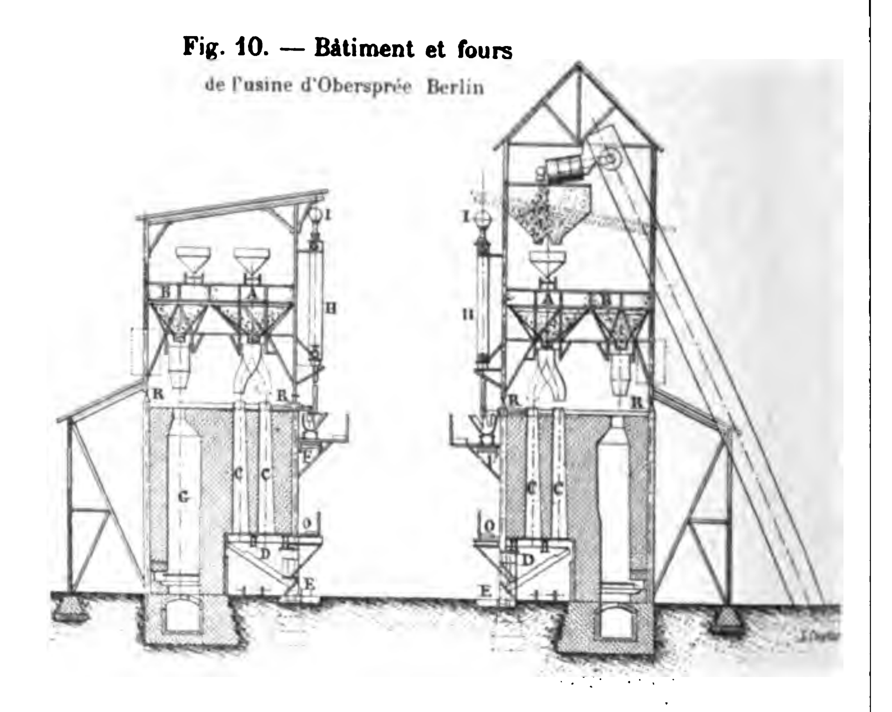


Fig. 10. — Bâtiment et fours
de l'usine d'Obersprée Berlin

tance très secondaire. Dès lors, il n'y a pas de raison pour ne pas profiter des avantages de la capacité plus grande de la cornue de 5 m, notamment au point de vue de la main-d'œuvre et du plus grand rendement qu'on peut obtenir par une introduction plus abondante de la vapeur. Tout dépend donc des conditions particulières de chaque exploitation, suivant lesquelles on doit régler la marche de l'outil très souple qu'est la cornue verticale. Il y a, du reste, toujours une relation dont on doit tenir compte dans

chaque cas spécial, aussi bien avec les nouveaux systèmes qu'avec les anciens, entre le rendement du gaz et sa qualité.

En dehors de la question de pouvoir éclairant, d'autres circonstances peuvent amener à modifier la marche de la fabrication. Par exemple, si le coke est cher, on augmentera le disponible pour la vente en supprimant l'introduction de vapeur. Si c'est le charbon qui coûte comparativement plus cher, on augmentera le rendement en gaz.

Le chimiste anglais dont nous avons déjà cité le nom, M. Harold Colman, a traité récemment la question de comparaison entre les deux types de 5 et 4 mètres et a repris, en les ramenant aux mêmes conditions de température et de pression, les chiffres de M. E. Körting, à savoir :

Essais d'octobre 1907. —	Production à 15°C. et 760 mm. Par tonne de houille. —	Pouvoir éclairant. Bec Carpenter à 15°C. et 760 mm. — bougies.	Pouvoir calorifique. à 0°C. et 760 mm. — B. Th. U.	Pouvoir calorifique. à 15°C. et 760 mm. — B. Th. U.
Cornue de 5 m. .	13 478 p³	10,80	577	546
soit.	375,7 m³		5 135 cal.	4 819 cal.
Cornue de 4 m. .	11 292 p³	17,70	631	597
soit.	304,8 m³		5 625 cal.	5 313 cal.
Différence. . . .	2 186 p³	6,90	54 B.Th.U.	51 B.Th.U.
soit.	70,9 m³		480 cal.	454 cal.

Il constate que l'accroissement de 2 186 pieds cubes de la cornue de 5 m est dû uniquement au gaz à l'eau et que l'on aurait le même pouvoir calorifique de 549 B. Th. U., en ajoutant aux 11 292 pieds cubes de gaz de houille de la cornue de 4 m à 597 B. Th. U. 2 186 pieds cubes de gaz à l'eau du pouvoir calorifique normal pour ce gaz, soit 300 B. Th. U. Mais il estime qu'en faisant un pareil mélange des deux gaz, on devrait avoir un pouvoir éclairant de 14,80 bougies, tandis que le mélange produit dans la cornue de 5 m n'en donne que 10,80. Il y a donc eu dans la cornue une destruction des composés illuminants du gaz de houille : éthylène et benzine, qu'il attribue moins au passage des gaz dans la cornue surélevée, étant donné que les gaz traver-

sent le noyau central refroidi, dont il ne discute pas l'existence, qu'à une réaction de la vapeur d'eau sur l'éthylène :

$$C_2H_4 + 2H_2O = 2CO + 4H_2.$$

Il en serait de même, sans doute, pour la benzine et le méthane, mais à des températures plus élevées. Il conclut que, dans la cornue continue de MM. Woodall et Duckam, où, comme nous le verrons, les gaz riches sont produits à la partie supérieure et immédiatement évacués par en haut, la vapeur introduite n'aura plus sur les carbures éclairants la même action et il fait remarquer, à l'appui de cette supposition, que le gaz de la cornue Woodall-Duckam, tout en ayant le même pouvoir calorifique que celui de la cornue de Dessau, a 14,20 bougies au lieu de 10,80.

Il pense qu'en Angleterre, avec les conditions encore imposées pour le pouvoir éclairant, on aura avantage à produire le gaz à l'eau dans une installation séparée et à le mélanger ensuite avec le gaz de houille produit dans la cornue de 4 m.

On voit donc qu'il y a encore, dans la question de la distillation, avec ou sans introduction de vapeur, des points que des expériences ultérieures éclairciront saus doute.

Une chose s'impose actuellement : c'est le succès grandissant de la cornue verticale de Dessau en Allemagne et à l'étranger. On comptait au mois de mars dernier seize installations en fonctionnement, onze en construction, en tout mille huit cent quatre-vingts cornues, dont à Berlin deux cent quatre de 5 m et le reste supposé de 4 m, soit une production journalière en cornues :

De 5 m de.	86 458 m³
De 4 m de.	666 898
Au total.	753 356 m³

La cornue Bueb est donc entrée en plein dans la pratique et l'on peut dire que les travaux persévérants du Docteur Bueb et de M. Körting ont abouti à des résultats du plus haut intérêt.

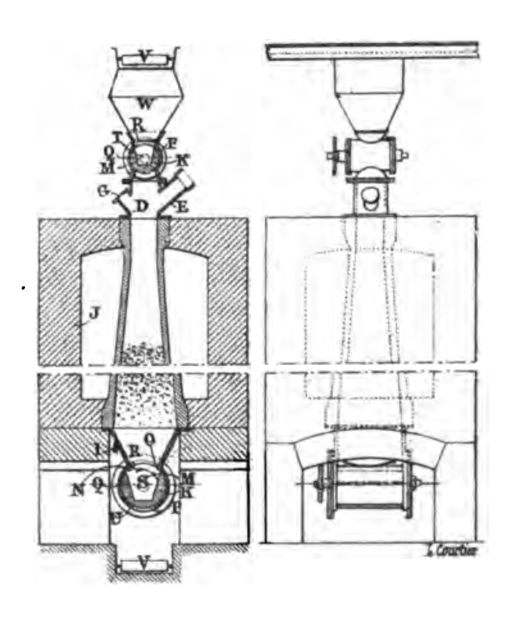
TROISIÈME PARTIE

Cornue continue.

Pendant qu'en Allemagne on s'attachait au problème de la cornue verticale — avec le chargement et le déchargement intermittents — en France, plusieurs tentatives ont été faites pour la distillation continue par petites charges.

Pour ne remonter qu'à ces dernières années, nous citerons celles de MM. Verdier et Teulon, Ingénieurs à l'usine à gaz de Marseille (2 septembre 1903). La figure 11 montre, sans autres explications, les dispositifs de chargement et de déchargement, avec des ouvertures pour remuer le charbon en haut et le coke à la partie inférieure, etc.

Fig. 11
Cornue verticale de Marseille
Verdier et Teulon



Il est dit, dans la description du brevet, qu'un espace libre est laissé au sommet de la cornue pour faciliter la gazéification des produits de la distillation et la décomposition du goudron ; cette chambre, permettant la dissociation du goudron, assure un rendement en gaz permanents, supérieur à celui obtenu avec les appareils ordinaires.

Il est dit également que les rapports des capacités d'introduction de la houille et de sortie du coke sont calculés de façon à permettre, en principe, l'introduction d'une quantité de charbon

correspondant à la quantité de coke évacuée. C'est la même idée qui servira de base au procédé Woodall-Duckham.

Nous voyons donc qu'en dehors du chargement et du déchargement continus, les inventeurs se préoccupent de décomposer le goudron pour en retirer les hydrocarbures et qu'à cet effet, ils gardent cet espace libre que le Docteur Bueb supprime, afin d'éviter la décomposition des hydrocarbures éclairants du gaz.

Les Ingénieurs de Marseille ont été conduits à la distillation continue par la même idée qui a guidé la plupart des gaziers qui se sont occupés en Angleterre de la cornue verticale, à savoir que la distillation en petites charges donne de meilleurs résultats, au point de vue de la fabrication du gaz, que la distillation en fortes charges (1).

Ils ont été amenés à cette conclusion à la suite d'expériences faites dans un but spécial et desquelles il résultait que le rendement par tonne en carcels, qui est, dans les conditions actuelles du pouvoir éclairant, la véritable mesure de la valeur d'un charbon pour la fabrication du gaz, augmentait avec des charges réduites, mais, inversement, que la qualité du goudron diminuait avec des charges réduites et s'améliorait avec des fortes charges; par conséquent, les conditions les plus favorables pour la bonne qualité du goudron n'étaient pas identiques aux conditions les plus favorables pour la production du gaz et semblaient même en opposition. En constatant cette différence d'action, MM. Verdier et Teulon se posaient ensuite la question de savoir si les constituants du gaz ne sont pas relativement moins sensibles que les composés plus complexes du goudron au séjour dans l'espace libre de la cornue, alors que, par contre, ils sont très rapidement décomposés, en traversant, pour s'échapper de la masse, une certaine épaisseur de coke incandescent, et cela par une action de surface.

Sans entrer plus avant dans des explications hypothétiques, ils se demandaient si on ne devait pas s'écarter franchement de la voie suivie jusqu'à ce jour, en allant soit vers la distillation en grandes masses en vingt-quatre heures, soit vers la distillation continue par petits paquets.

Ce qui est à retenir de la communication de MM. Verdier et Teulon, c'est le fait d'expérience qui différencie les charges, suivant leur importance, au point de vue de l'action de la chaleur

(1) Communication de MM. Verdier et Teulon : « Notes sur la distillation de la houille » au Congrès du Gaz de 1905.

sur les constituants du gaz et sur ceux du goudron. Nous verrons émettre en Angleterre une théorie assez analogue au sujet de la différence d'action de la chaleur sur les molécules du gaz et du goudron.

La cornue Verdier et Teulon fut expérimentée à Marseille, mais des défauts de construction vinrent interrompre les essais n pût obtenir des résultats suffisamment constatés.

Elle fut reprise à la Compagnie du gaz de Lyon, à l'usine de Perrache, avec des modifications sensibles, notamment pour la sortie du coke, mais ces nouveaux essais, malgré beaucoup d'efforts et d'ingéniosité dépensés, ne donnèrent pas de résultats particulièrement intéressants.

En Angleterre, la première application de la cornue verticale, faite dans ces dernières années, est due à MM. Settle et Padfield, de la Compagnie du gaz d'Exeter.

Ces Ingénieurs prenaient, en juin 1902, un brevet dans lequel, pour remédier aux inconvénients de la cornue horizontale, ils réclament un système de distillation dans une cornue partie verticale, partie inclinée, recevant à des intervalles très rapprochés de petites quantités de houille par un dispositif permettant de mesurer la quantité introduite, assurant la fermeture de la cornue et renvoyant le charbon contre les parois de la cornue, de manière à donner à la couche supérieure de la houille une forme concave formant une sorte de chaudron, dans lequel le goudron est décomposé, en ajoutant au gaz ses produits les plus volatils.

On arrive, disent-ils, ainsi à carboniser complètement la houille et à avoir un gaz d'un très grand pouvoir éclairant, parce que le gaz n'a pas à passer sur une masse de coke rouge.

On a aussi un meilleur coke qu'avec les procédés ordinaires.

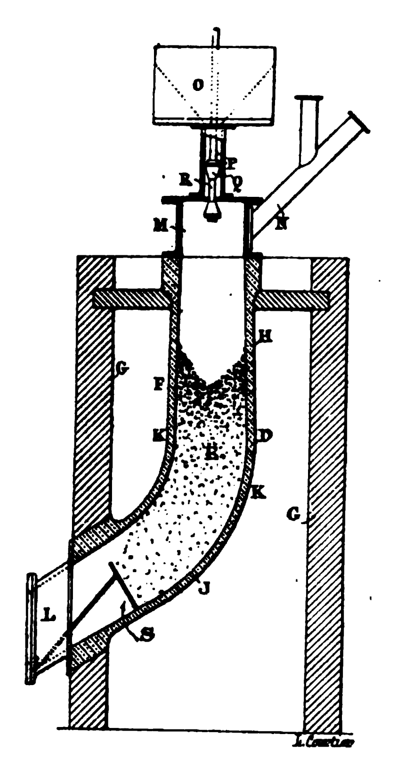
Ils ajoutent que ce système permet d'employer des menus et des débris de charbons de qualité inférieure et qu'avec le chargement continu on obtiendra une qualité de gaz constamment la même, au lieu d'avoir, comme avec le système intermittent, un mélange variable en quantité et qualité, depuis le commencement de la charge jusqu'à la fin.

La figure 12 représente la cornue Settle-Padfield, avec le système de chargement; les figures 13 et 14, un four à six cornues de ce système.

On voit que la cornue n'est pas remplie et qu'il y a un espace

libre laissé pour la décomposition du goudron, mais que cet espace varie; quand on enlève le coke, le niveau de la houille s'abaisse. Le déchargement du coke se fait d'une façon intermittente.

Fig. 12
Cornue Settle-Padfield



Les résultats obtenus à Exeter attirèrent d'autant plus l'attention des gaziers anglais sur le système de MM. Settle et Padfield, qu'à ce moment on parlait déjà des essais de la cornue verticale intermittente faits, à Mariendorf, par M. Drory, et de ceux du docteur Bueb.

A la fin de 1903, la cornue d'Exeter, avec les diverses modifications que l'expérience avait suggérées, marchait depuis plus de deux ans, et les informations publiées, vers cette époque, sur son fonctionnement étaient assez satisfaisantes pour que l'on pût écrire que la cornue verticale avait cessé d'être un rêve.

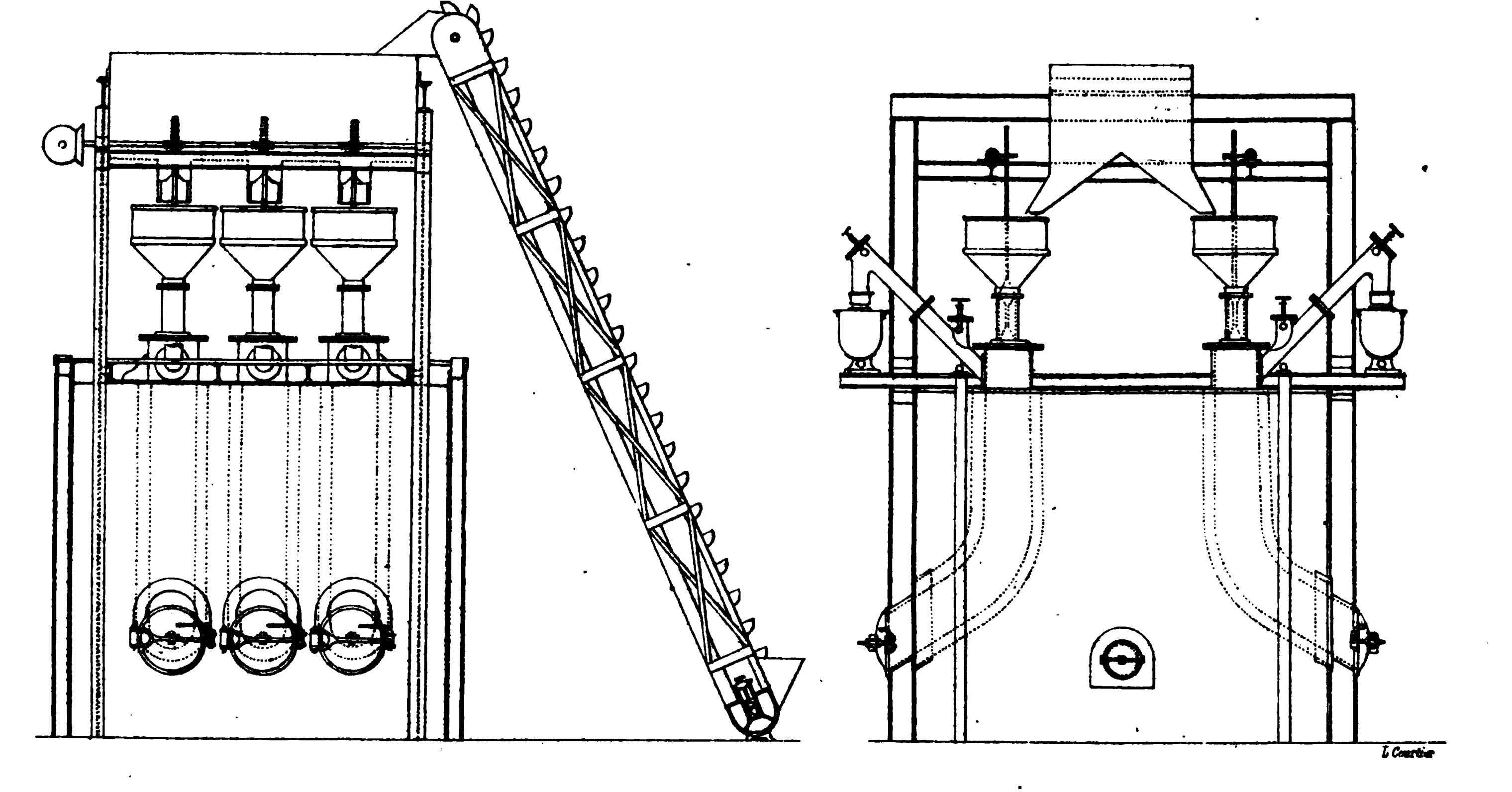
Des essais suivis, faits avec des menus de diverses sortes de charbons à gaz, donnaient un rendement moyen par tonne de 13 189 pieds cubes, soit 366,6 m³, avec un pouvoir éclairant moyen supérieur à 14 bougies, alors que les essais faits par MM. Settle et Padfield avec des cornues horizontales ne leur avaient donné, avec les mêmes charbons, que 10 000 pieds cubes environ, sans un accroissement notable du pouvoir éclairant.

D'autres essais montraient la constance de la production et de la qualité du gaz, comparativement aux données, variables au cours de la distillation, des cornues horizontales.

Le coke était signalé comme de bonne qualité et son rendement plus élevé qu'en cornues horizontales.

Le point caractéristique de la cornue Settle était la réduction de 50 0/0 du rendement en goudron, et même sa suppression complète.

Fig. 13 Cornue Settle-Padfield Fig. 14



Les résultats fournis par une marche relativement assez longue décidèrent M. Brockway, vice-président de la Eastern Countries Gas Managers' Association, à construire à Cleethorpes une batterie de six fours (septembre 1905); au commencement de 1906, on installait à Rotterdam douze cornues et on faisait à Berlin, à l'usine de Tégel, un essai de six fours, mais en supprimant la partie inclinée, la cornue étant complètement verticale.

Mais, quelques mois après, au Congrès de l'Association des Ingénieurs de la région, M. Brockway annonçait que les résultats de l'installation de Cleethorpes n'avaient pas répondu à ce qu'on attendait, et que la quantité promise d'un rendement de 13 000 pieds cubes, avec un pouvoir éclairant de 15 bougies et une proportion de coke de 15 0/0 pour le chauffage, n'avait pas été tenue. On n'arrivait qu'à 12 000 pieds cubes sans faire rentrer le goudron dans la cornue.

La principale difficulté provenait de l'encrassement du tuyau montant par le noir de fumée. On n'arrivait à distiller complètement et à éviter ces dépôts qu'en remplissant entièrement la cornue et en supprimant l'espace libre.

On éprouvait aussi des difficultés pour retirer le coke.

La tentative malheureuse de Cleethorpes marquait, peut-être trop prématurément, la fin du système Settle-Padfield.

Pendant que les essais de la cornue de Settle-Padfield se poursuivaient pour aboutir à cet échec et, pendant que MM. Woodall et Duckham continuaient discrètement leurs expériences à Bournemouth, la question de la cornue verticale était étudiée, d'une façon en quelque sorte théorique et idéale, par certains Ingénieurs occupant une grande situation dans l'industrie du gaz en Angleterre.

M. Herring, d'Édimbourg, au début de 1906, exposait ses vues sur la cornue verticale et rappelait ce qui avait été fait en Écosse dans l'industrie des huiles de schiste dans le même ordre d'idées. La même controverse s'était élevée, il y a près de quarante ans, au sujet des mérites respectifs des cornues horizontales et des cornues verticales pour la distillation des schistes et du type primitif du four vertical fonctionnant d'une manière intermittente et rudimentaire, on était arrivé, par des progrès successifs, au type le plus perfectionné qu'on pût imaginer.

« L'histoire, dit-il, de l'industrie de l'huile de schiste en Écosse est un record de la supériorité de la science de l'Ingé-

nieur sur des conditions économiques défavorables dont tout pays pourrait être fier. »

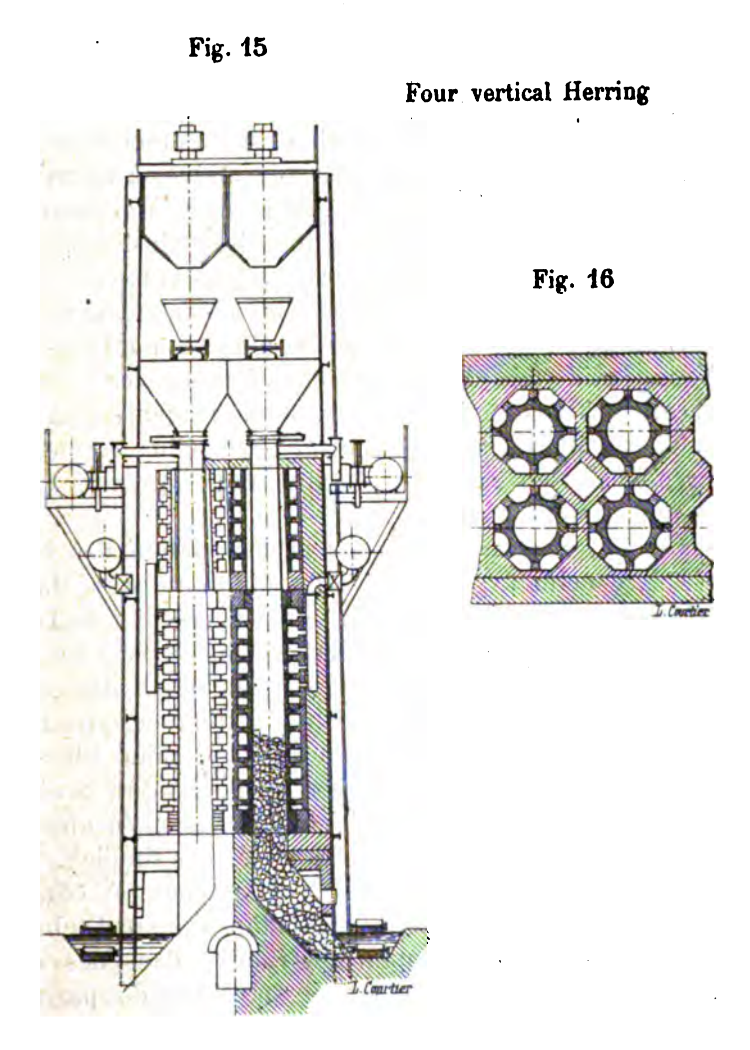
Peu de temps après (16 janvier 1906), M. Herring proposait un système de cornue verticale basé sur le type de la cornue à schiste, connu sous le nom de « Pumpherston », qui lui avait semblé le mieux s'adapter, avec les modifications voulues, à la distillation de la houille avec production de gaz à l'eau.

Les figures 15 et 16 reproduisent le type de M. Herring, d'une

Fig. 15

Four vertical Herring

Fig. 16



hauteur de 30 pieds, divisée en deux parties, l'une en briques, de 20 pieds, l'autre en fonte. La houille traverse d'abord la

partie en fonte où elle est soumise à une chaleur modérée; puis, en arrivant à mi-hauteur de la partie en briques où se trouve le maximum de chaleur, elle subit une décomposition rapide qui se poursuit à mesure qu'elle descend. Un des points essentiels est que les gaz et vapeurs goudronneuses passent à travers le charbon qui agit comme un filtre et auquel ces gaz et vapeurs communiquent une partie de la chaleur qu'ils ont emportée.

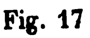
Peu après M. Herring, M. William Young, de Peebles, dont le nom reste attaché aux perfectionnements de l'industrie du schiste et à l'introduction de la cornue verticale dans la distillation de ces matières, publiait une série d'articles sur l'histoire des développements de cette industrie et sur les recherches qu'il entreprit pendant de longues années pour arriver à un mode de traitement rationnel et économique, de manière à augmenter le rendement et la qualité des huiles produites, ainsi que le rendement en gaz et à utiliser de la façon la plus complète la chaleur et à produire le plus possible d'ammoniaque avec de la vapeur obtenue dans les conditions les plus économiques.

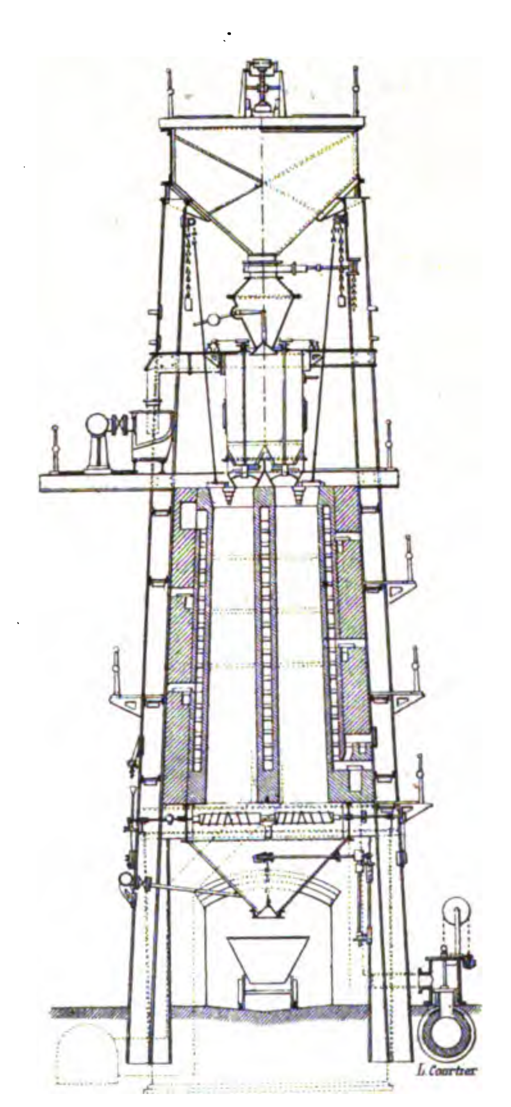
M. Young avait fait, dans ses recherches sur les cornues à schiste, cette observation intéressante que le rendement en huiles augmentait quand la cornue était remplie et qu'inversement c'était le rendement en gaz qui croissait, quand la cornue n'était remplie que partiellement.

De ses expériences anciennes sur la dissociation des hydrocarbures, il concluait, sous une forme différente mais dans un ordre d'idées assez analogue à celui de MM. Verdier et Teulon, qu'il y avait une différence d'action de la chaleur sur les molécules complexes et les molécules simples des hydrocarbures résultant de la distillation — qu'il fallait distinguer entre la chaleur radiante et la chaleur de contact : la première décomposait indistinctement toutes les molécules, tandis que la chaleur radiante décomposait plus énergiquement les molécules complexes des vapeurs et des gaz que les molécules simples.

On devait donc, pour distiller économiquement et convenablement la houille, en vue de la production du gaz d'éclairage, soumettre celle-ci à la distillation destructive dans des conditions telles qu'elle fût d'abord exposée au contact des parois fortement chauffées sur une surface limitée; puis, lorsque les premiers produits de la distillation étaient sortis de la masse charbonneuse, il fallait les distiller et les gazéifier par l'action de

la chaleur radiante de surfaces chauffées à une température convenable qui ne devait pas atteindre celle à laquelle l'ammoniaque se décomposait.


Fig. 17


Four de MM. Young et Glover

Il discutait ensuite, d'après ses idées, le procédé Bueb et estimait qu'il donnerait encore de meilleurs résultats, si on donnait à la cornue verticale un prolongement chauffé au degré voulu, de manière à décomposer, sous l'action de la chaleur radiante, les gaz et les vapeurs goudronneuses sortant du noyau froid de la cornue, lesquels, d'après les indications données sur les températures, les compositions du goudron et du gaz, ne lui paraissaient pas avoir été suffisamment dissociés. Il recommandait encore le filtrage des gaz à travers le charbon, pour retenir les flocons de suie formée dans l'espace libre.

Enfin, M. Young indiquait comment, d'accord avec M. Glover, de Saint-Helens, il avait étudié un modèle de four vertical, basé sur ces divers principes et qu'ils brevetaient peu de temps après (1). Nous reproduisons *(fig. 17)* la cornue Young et Glo-

(1) *Young and Glover's vertical retort. The patent specification. Journal of Gas Lighting*, 30 octobre 1906.

ver qui présente certaines analogies avec celle de M. Herring. Nous donnons aussi les images (*fig. 18 et 19*) de la cornue verticale de Young et d'André Scotts, qui remonte à 1872, et du four de Young et Beilby, dit four de Pentland (1882), qui a été employé dans la plupart des usines à schiste d'Écosse.

La cornue verticale en question faisait l'objet d'une communication de M. Th. Glover, de Norwich, au Congrès de l'Institution des Ingénieurs gaziers anglais, en 1906.

M. Th. Glover, invoquant l'autorité de Tyndall, revenait sur la question de l'action spéciale de la chaleur radiante : il rappelait les expériences des Ingénieurs de Marseille et arrivait aux mêmes conclusions, sur l'alternative qui se posait aujourd'hui entre les fortes charges du four à coke et les petites charges conduisant à la distillation continue, la cornue de Young et Glover ayant, de même que celle de Settle-Padfield, comme caractéristique, l'espace laissé libre au-dessus du charbon.

Nous rappelons que c'est dans ce même Congrès que M. E. Körting traitait, devant les Ingénieurs anglais, de la cornue verticale, « au point de vue pratique » par opposition à la cornue idéale et théorique anglaise.

Nous avons mentionné cette théorie de la chaleur radiante, à cause de la place qu'elle a prise dans la littérature technique en Angleterre et de la qualité des Ingénieurs de ce pays qui l'ont émise. Elle a trouvé, du reste, en Angleterre même, des contradicteurs qui lui ont reproché de ne pas être appuyée sur des expériences suffisantes (1).

Mais, si on ne considère que la question de l'action de la chaleur variable suivant la complexité des molécules, on peut admettre que les conditions de décomposition ne soient pas les mêmes pour les hydrocarbures de matières riches, telles que les schistes ou des charbons bitumineux et qu'avec des matières de ce genre, l'espace libre ait, comme l'avait remarqué Young, aidé à la gazéification complète.

Dans la discussion qui suivit la communication de M. Glover, M. Körting dit qu'il ne voyait pas que les gaz, s'échappant de la charge, pussent être exposés à un autre mode de chaleur que par contact contre les parois de la cornue, et c'est pour cela qu'il n'était pas partisan de l'espace libre au-dessus de la charge.

En ce qui concerne la décomposition du goudron, on pouvait

(1) De la valeur relative de la chaleur radiante et de la chaleur de contact dans la distillation, par Thomas Holgate (*Journal of Gas Lichting*, 24 juillet 1906).

Fig. 19

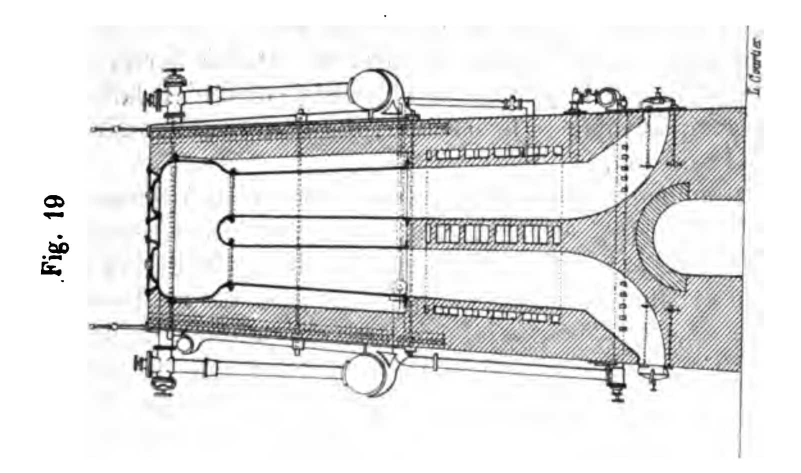
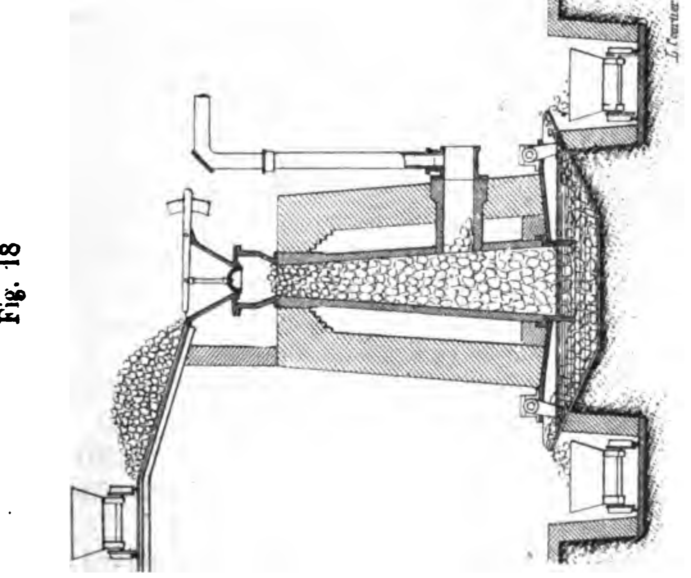


Fig. 18



calculer qu'un bon goudron ne pouvait pas rendre plus de 500 à 600 m³ par tonne : par conséquent, pour avoir intérêt à le convertir en gaz, sa valeur ne devait pas excéder le double de la valeur nette de la houille. Ce prix net était à Berlin de 7/ la tonne, alors que le prix du goudron était de 28/. Il fallait donc, pour avoir avantage à le gazéifier, que le prix du goudron tombât à 12 ou 14/.

Cette même question du goudron se posait en Allemagne, vers la même époque, au Congrès de Brême, et le Professeur Bunte, de Carlsruhe, ajoutait : « Le problème de la distillation du goudron a été cherché si souvent qu'on ne peut que mettre en garde contre cette croyance qu'on peut arriver pratiquement dans cette voie à un résultat favorable. La température de décomposition du goudron est si élevée, la consommation de combustible pour le chauffage si considérable, que le gaz que l'on peut obtenir, spécialement l'hydrogène, s'obtiendra plus économiquement par d'autres moyens. »

Il a été, du reste, annoncé que la cornue de MM. Young et Glover était en construction; il sera intéressant de connaître les résultats de son fonctionnement.

Quant à la question de décomposition du goudron, elle n'a pas cessé de préoccuper les gaziers et nous la voyons reprise, sous une autre forme, dans des appareils spéciaux, avec l'intervention du coke rouge et de la vapeur d'eau, pour la production du gaz méthane-hydrogène (procédé Truro).

La cornue verticale continue de MM. Woodall et Duckham, dont nous allons parler maintenant, marche sans espace libre. Les inventeurs n'ont pas cherché, en principe, à décomposer le goudron. Elle est complètement remplie, alimentée par la partie supérieure, d'une façon continue. Le coke est évacué à la partie inférieure d'une façon également continue.

La température maximum se produit à la partie supérieure. Tels sont les points à signaler tout d'abord.

M. E. Körting revenant d'Angleterre, où il avait vu, à Bournemouth, les essais de cette cornue, s'exprimait ainsi dans une réunion de gaziers allemands, en mars 1906 :

« 1° MM. Woodall et Duckham ont montré, pour la première fois, par une marche de huit mois, si je ne me trompe, ininterrompue, que l'on peut travailler d'une façon continue dans leur cornue;

» 2° Leur procédé s'exécute dans un récipient fermé. Une halle, avec des fours de ce système, est débarrassée de poussière et de fumée et peut être tenue aussi proprement qu'une salle de machines, ce qui est important dans les grandes villes, etc.;

» 3° Avec ce système, on peut remplacer les ouvriers des fours par des machinistes. »

4° Avec les fours Woodall-Duckham, on ne pourra vraisemblablement pas, avec des charbons ordinaires, produire beaucoup de gaz à l'eau, si on ne veut pas abaisser le pouvoir calorifique au-dessous des limites habituelles.

5° Si l'on veut cependant, pour une raison quelconque, produire du gaz à l'eau dans une cornue verticale, il reste à établir le bilan calorifique du four complètement construit et à prouver qu'il n'est pas plus coûteux de produire le gaz à l'eau dans la cornue à gaz que dans le générateur à cuve (1).

Le docteur Bueb ajoutait dans la même réunion :

« MM. Woodall et Duckham ont voulu résoudre en une fois les problèmes les plus difficiles de la technique du gaz :

» 1° L'introduction continue du charbon ;

» 2° La distillation dans une cornue verticale d'une façon égale et continue ;

» 3° L'enlèvement continu du coke ;

» 4° L'utilisation, pour produire le gaz à l'eau, de la chaleur du coke incandescent.

» Chacun de ces quatre problèmes, considéré isolément, est extraordinairement difficile. Nous n'avons pu, après quatre années de travail intensif, résoudre qu'un seul de ces problèmes. »

M. E. Körting disait encore au Congrès de Brême : « L'essentiel, dans toute cette discussion, est de savoir s'il y a réellement un avantage économique dans le vieux rêve de la distillation continue. Je ne puis me figurer qu'un morceau de charbon, s'il traverse lentement la cornue, n'est pas gazéifié dans de meilleures conditions qu'un morceau qui reste tranquille à sa place. Dans le premier cas, le charbon passe lentement à travers les divers degrés de température ; dans le second, les divers degrés de température s'approchent du morceau de charbon. Je crois que le résultat moyen sera, dans les deux cas, économiquement le même (2). »

(1) Voir précédemment les observations de M. Harold Colman sur le pouvoir éclairant dans la cornue de 5 m.

(2) M. E. Körting est revenu, à plusieurs reprises, sur cette comparaison pour résumer, sous une forme expressive, la comparaison des deux systèmes.

» Combien il est plus important de protéger contre la décomposition les hydrocarbures une fois formés, et c'est le résultat obtenu de la façon la plus complète dans la cornue verticale de Dessau. Le courant de gaz possède une très grande vitesse et la cornue, à la partie supérieure, est très refroidie. »

« Les Ingénieurs anglais, dit également le Docteur Bueb, se sont imposé la grande tâche, non seulement de résoudre la gazéification dans la cornue verticale, mais de la résoudre en même temps d'une façon continue. S'ils réussissent à donner à la question une solution pratique, ils auront incontestablement surpassé notre système. »

Ces opinions des Ingénieurs allemands, qu'il nous a paru bon de reproduire, établissent bien la comparaison des deux systèmes et définissent nettement la complexité du problème que nos collègues d'outre-Manche, MM. Woodall et Duckham, ont, à partir de 1903, abordé de front et poursuivi pendant plusieurs années de recherches persévérantes.

Le système, tel qu'il a été conçu, se compose, en principe, d'une cornue verticale de forme tronconique, munie d'un dispositif à la partie inférieure pour enlever le coke, à mesure qu'il sort de l'ouverture inférieure et portant en haut un dispositif pour le chargement continu.

Le chargement du charbon, la distillation de la houille, la sortie du coke s'opèrent par petits paquets et d'une façon égale et continue.

L'alimentation est réglée par la sortie du coke ; les petites charges ne peuvent entrer au haut de la cornue que proportionnellement à la quantité de coke évacuée.

C'est en 1903 que MM. Woodall et Duckham construisirent leur première cornue verticale aux usines de Bournemouth.

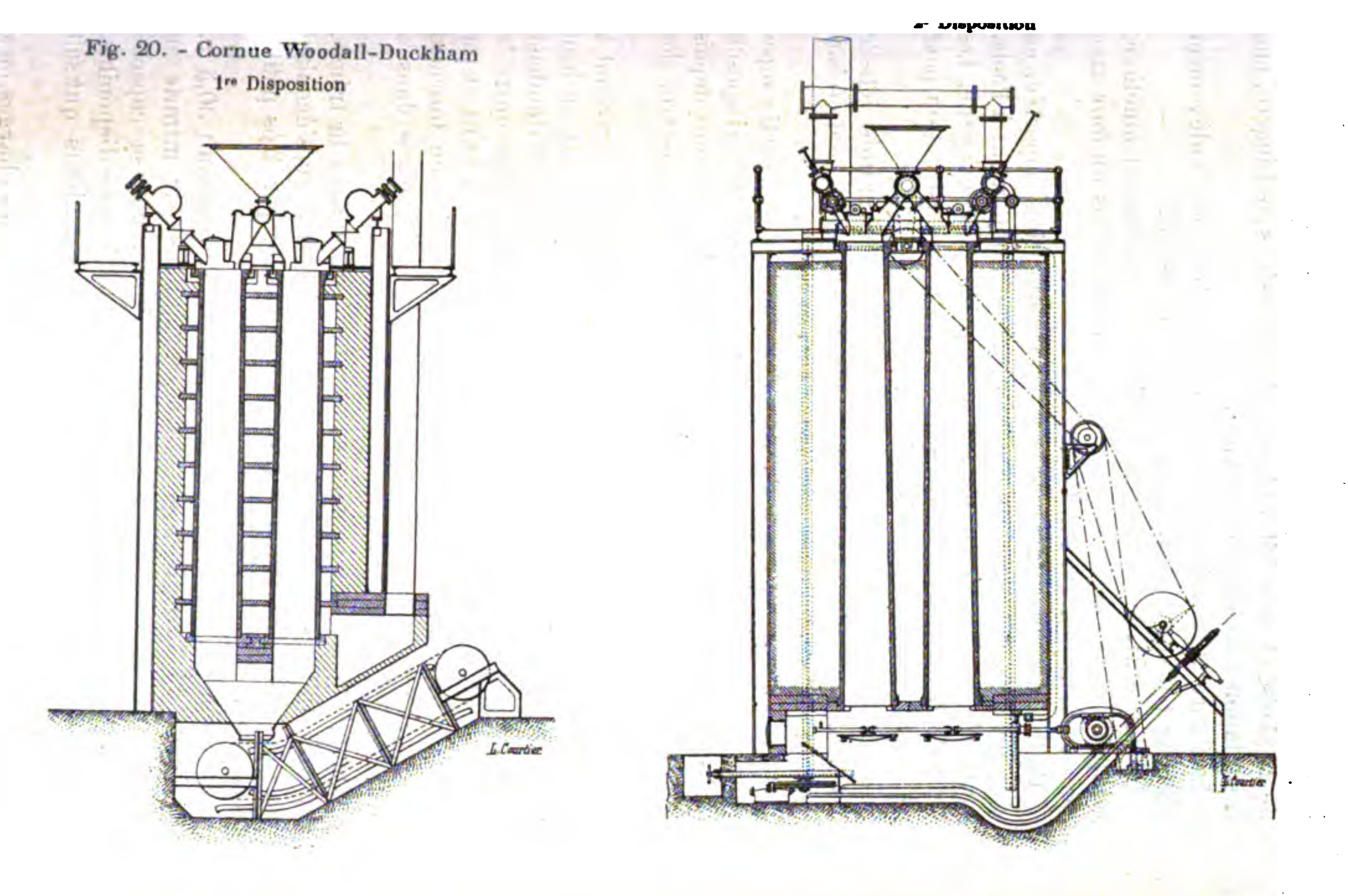
Elle avait 10 pieds de haut. La marche de ce premier appareil fut arrêtée dès le début par des difficultés de chauffage. Ils augmentèrent alors la hauteur. La seconde cornue de 20 pieds de haut marcha en 1904 pendant douze mois.

On avait un rendement élevé, mais un pouvoir éclairant faible et on constata d'autres difficultés. En 1904-1905, une batterie de quatre cornues de 20 pieds de haut travailla pendant douze mois. Elle fut remplacée par un ensemble de quatre fours à quatre cornues, qui a fonctionné en 1906-1907 et fonctionne encore régulièrement dans cette ville.

En 1906, on a installé à Londres, aux usines de Nine-Elms de

Fig. 20. - Cornue Woodall-Duckham

1re Disposition



2e Disposition

la Gas-Light and Coke Company, deux batteries de quatre cornues de 25 pieds, et on a fait à Liverpool, aux usines de Linacre, une installation de même importance.

La figure 20 représente la cornue avec le type d'enlèvement du coke par convoyeur, qui a été d'abord essayé;

La figure 21, le même type modifié et notablement amélioré, tel qu'il fonctionne à Bournemouth. On voit le bas du four avec le convoyeur *(fig. 10, Pl. 159)*.

Enfin, la figure 22 représente la modification apportée, en dernier lieu, dans la cornue qui est en fonctionnement à Poole, tout près de Bournemouth. On a supprimé le convoyeur. Les fours de Liverpool et de Nine-Elms sont en reconstruction pour recevoir cette nouvelle disposition.

Les figures 22 *bis* et 22 *ter* représentent à plus grande échelle les parties supérieure et inférieure de la cornue de Poole (chargement de la houille et déchargement du coke).

On voit sur la figure 8 *(Pl. 159)* l'ensemble de la partie supérieure du four qui porte les trémies à charbon et le dispositif d'alimentation continue. Ce dispositif est resté le même depuis les premières descriptions qui ont paru; il s'est montré, dès l'origine, approprié au but cherché.

Il se compose d'un tambour creux *(fig. 9, Pl. 159)* tournant à l'intérieur d'une partie cylindrique fixe communiquant en haut avec la trémie à charbon et en bas avec la cornue; le tambour porte, sur sa périphérie, une ouverture par laquelle entre le charbon de la trémie quand cette ouverture est en haut et par laquelle il passe dans la cornue, quand elle arrive en tournant à la partie inférieure, si, toutefois, il y a de la place dans la cornue.

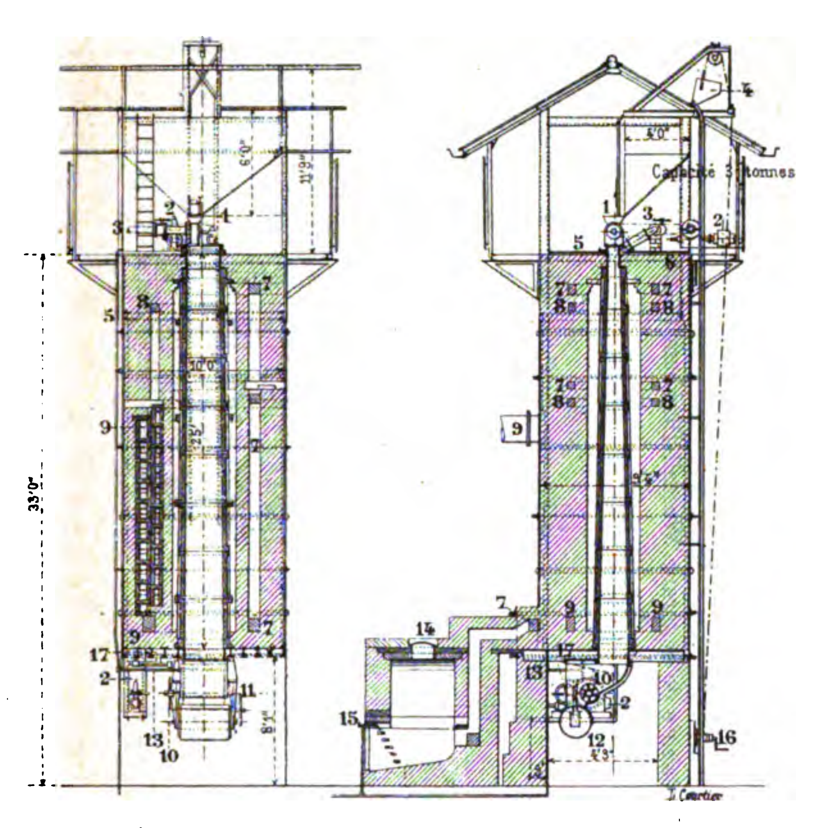
Quand on regarde le mouvement du charbon dans la trémie, on voit qu'il est tantôt en repos, tantôt descend, en s'écoulant au centre, d'une manière presque insensible, par très petites secousses.

Le tambour, dans les premiers dispositifs, contenait 30,5 lb. (près de 14 kg.); il faisait douze révolutions par minute en déversant en moyenne six fois par minute, non sa capacité totale, mais de petites quantités dépendant de l'espace disponible, lequel dépend lui-même de la descente des matières qui suit l'évacuation continue du coke.

Pour s'assurer de la manière dont descendent les charges, on a réservé, au centre du couvercle supérieur, une ouverture fermée

Fig. 22. - Cornue Woodall-Duckham

Type de Poole



Section longitudinale — Section principale

Légende

1 Rouleau alimentateur 11.6 révolut. par minute, mû par chaine et engrenages de 6" et 12".

2 Moteur de 1ch. (BHP) 1400 révolt. par 1' avec réduction de vitesse à 23.2 par ' (60 à 1)

3 Tuyau de 4" de diam

4 Godet élévateur de charbon

5 Tuyau d'eau pour refroidir la tête de cornue

6 Tuyau d'eau de surverse ____ d° ________

7 Carnaux de circulation des gaz venant du générateur

8 Carnaux d'air secondaire

9 Carnaux de fumée

10 Roue à dents régularisant le déchargement du coke

11 Roue de manœuvre du récipient à coke

12 Récipient tournant à coke (capacité 9 pieds-cubes)

13 Tuyautage d'eau pour l'extinction du coke

14 Tampon d'alimentation du générateur

15 Tuyautage d'eau pour refroidir les portes du générateur

16 Treuil pour l'élévateur de charbon

17 Transmission de mouvement du rouleau denté.

Fig. 22bis. — Partie supérieure de la cornue Woodall-Duckham (Type de Poole)

(Chargement du charbon)

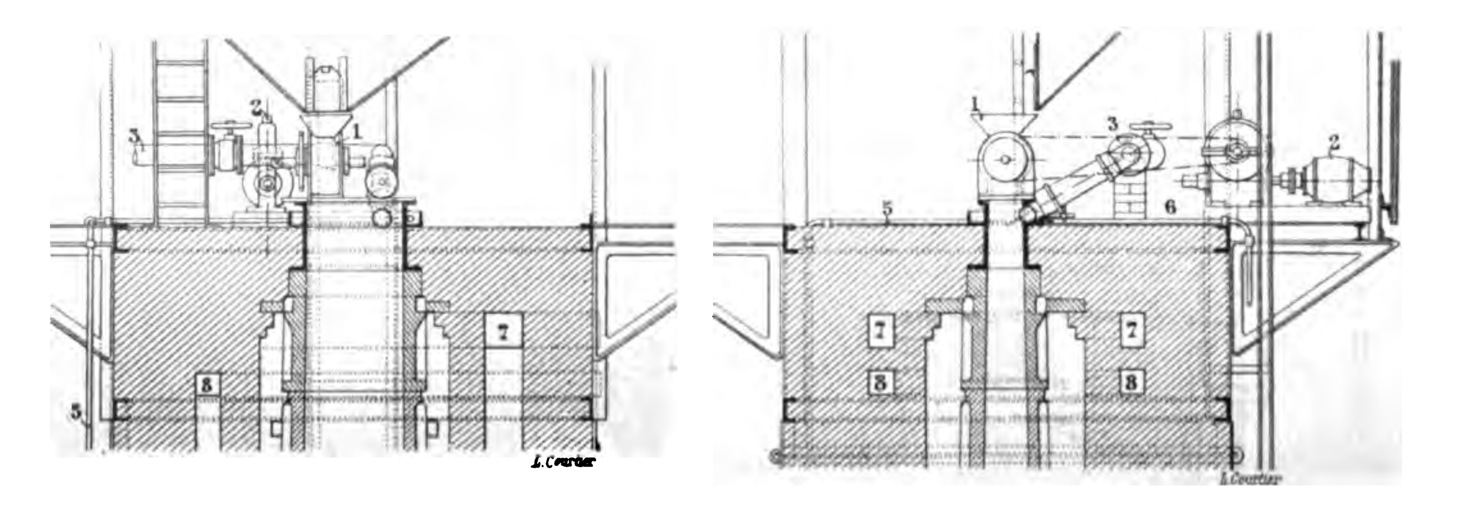
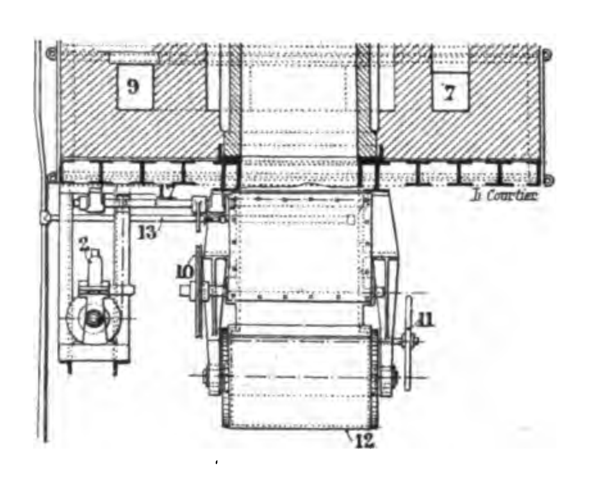


Fig. 22ter. — Partie inférieure de la cornue Woodall-Duckham (Type de Poole)

(Déchargement du coke)



par un boulet plein en fer, portant un trou suivant son axe. Quand le ballon est placé de manière que le trou est horizontal, la fermeture est complète. Si l'on tourne le ballon pour mettre le trou vertical, le surveillant peut, en introduisant une barre, se rendre compte de la position de la charge. S'il y a un accrochage dans la descente, ce que l'on voit par la fumée qui sort de la cornue à travers la trémie à charbon ou sous le boulet, il suffit d'un simple coup de barre pour y remédier de suite : nous avons constaté que la manœuvre était très simple et le remède immédiat.

Si les inventeurs sont arrivés, presque de suite, à trouver un système de chargement continu satisfaisant, il n'en a pas été de même pour le dispositif de sortie du coke.

Dans les deux premiers types, les fours sont reliés deux par deux, et l'ensemble des deux cornues qui ont en haut un alimentateur commun, est fermé à la partie inférieure par une garde d'eau.

Le coke est arrêté par un système de plateaux fixes, dans l'intervalle desquels il tombe, sous l'action de râteaux mus par une tige qui reçoit de l'extérieur un mouvement alternatif, sur un convoyeur qui l'envoie au dehors.

Ce convoyeur, dans le premier modèle, est complètement sous l'eau. Le coke, séjournant pendant tout son passage sous l'eau, sortait trop humide. Dans le second type, le convoyeur ne passe sous l'eau que pendant environ dix secondes ; il est ainsi bien éteint et ne doit contenir qu'une proportion d'humidité normale. Le coke, en tombant dans l'eau, dégage de la vapeur qui produit, par son passage sur le coke de la cornue, du gaz à l'eau.

L'idée première de MM. Woodall et Duckham a été, comme celle de beaucoup d'autres inventeurs qui se sont occupés de la cornue verticale, de trouver un appareil pouvant produire à la fois du gaz de houille et du gaz à l'eau.

Ultérieurement, ils ont renoncé à la garde hydraulique et au convoyeur plongeant. Ils ont reconnu qu'il y a intérêt à ce que chaque cornue, au lieu d'être réunie à sa voisine par en bas, travaille pour son compte isolément.

C'est le principe de la cornue de Poole.

Le bas de la cornue se prolonge par une tubulure de forme spéciale avec une double fermeture, pour empêcher les rentrées d'air, quand on évacue le coke.

La colonne de coke vient buter sur des dents fixées au nombre

de six sur un tambour tournant, d'où le coke passe dans un récipient cylindrique fermé, placé au-dessous.

L'extinction du coke se fait en envoyant de la vapeur dans la trémie inférieure. Cette vapeur produit du gaz à l'eau, mais en faible quantité. En somme, l'objectif de la production de gaz à l'eau passe aujourd'hui au second plan et la vapeur n'intervient que pour compléter l'extinction du coke dans la trémie qui forme étouffoir.

Rien n'empêcherait, au surplus, de forcer l'introduction de vapeur, pour augmenter le rendement. C'est toujours une question de rapport entre le rendement et les pouvoirs éclairant et calorifique.

Le coke que l'on retire est complètement éteint, presque froid. On peut presque le prendre à la main. On distillait à Poole, lors de ma visite, du Londonderry; le coke avait un excellent aspect, ressemblant pourtant plutôt au coke de gaz ordinaire qu'à du coke métallurgique. Il en était de même d'autres cokes provenant d'autres charbons.

La cornue présente ainsi l'aspect d'une sorte de cubilot. Des regards sont disposés pour permettre de suivre ce qui s'y passe et de découvrir les fentes qui se produiraient dans la cornue. Celle-ci, travaillant d'une façon continue et régulière, avec des conditions de température constantes, est, d'après MM. Woodall et Duckham, moins exposée aux effets de dilatation et de contraction, par conséquent moins exposée aux causes de détériorations.

Nous avons dit que c'était au sommet de la cornue que se produisait la température maximum. Elle est à Poole de 1 300° C. dans cette partie du four, de 800 à 1 000° C. environ au bas. C'est donc en haut que la décomposition de la houille se fait immédiatement; les gaz produits s'échappent de suite, sans avoir eu le temps de se décomposer. Leur composition donc doit être toujours la même pour des mêmes charbons. Les inventeurs estiment que le coke commence à se former à 4 pieds au-dessous du sommet et qu'il est à peu près complètement formé à 10 ou 15 pieds. Au-dessous, il ne reste plus que du coke qui doit continuer à dégager encore ses derniers gaz. La durée de la distillation complète est d'environ huit heures et demie, d'après leur évaluation.

La proportion de coke employée pour le chauffage est d'environ 15 0/0 du poids de la houille distillée.

La force demandée pour faire marcher l'alimentateur et pour la sortie du coke est très faible.

La surface occupée par un massif de quatre fours est de 9 pieds sur 15. Avec les convoyeurs, il fallait en plus 15 pieds en façade, soit au total 30 pieds sur 9 pieds ; la surface sera notablement réduite du fait de la suppression des convoyeurs.

On estime qu'il est inutile d'enfermer les fours dans un bâtiment et qu'il suffira d'une toiture établie sur le four pour abriter le surveillant et protéger le charbon des trémies contre la pluie. On réalisera de ce chef une sérieuse économie.

Lors du Congrès des Ingénieurs gaziers du district sud de l'Angleterre, en juin 1907, et d'une visite faite par eux à Bournemouth, les résultats publiés pour une marche de vingt-deux jours du 5 au 27 mai, avec des charbons de toutes qualités, accusaient un rendement moyen de 362 m³ ; pouvoir calorifique de 4 859 calories ; pouvoir éclairant (bec Carpenter, n° 2) 14,2 bougies, des rendements très élevés en goudron et en ammoniaque. Le goudron était très fluide et riche en huiles légères ; absence totale de naphtaline et seulement des traces de cyanogène.

Un certain jour, on a atteint 380 m³ pour 13,29 bougies. Ces résultats n'étaient pas encore considérés comme les derniers auxquels on pût arriver.

Le fait qu'il n'y a pas de naphtaline et seulement des traces de cyanogène (comme d'ailleurs dans la cornue du docteur Bueb) était attribué par MM. Woodall et Duckham à ce que le charbon est soumis à la distillation par petites masses, chaque fraction de gaz produite passant à sa propre température critique et n'ayant jamais à être exposée à une température plus élevée que celle à laquelle le gaz s'est formé. C'est ce qui explique aussi la limpidité du goudron et sa teneur en huiles légères.

Ces messieurs ont fait quelques expériences pour décomposer le goudron en le retournant simplement dans la cornue ; dans ce cas, on avait un accroissement de rendement de 1 500 à 2 000 pieds cubes de gaz par tonne.

D'autres résultats ont été ultérieurement publiés, qui ne diffèrent pas sensiblement de ceux que nous venons de voir, à savoir un rendement moyen d'environ 13 000 pieds cubes (350 m³) à la tonne avec 14 à 15 bougies et un pouvoir calorifique inférieur d'environ 4 800 calories.

Dans les renseignements fournis par M. Duckham, au Congrès des gaziers du district de Manchester à Liverpool, le 30 novembre

1907, cet Ingénieur exposait les difficultés éprouvées pour obtenir un chauffage régulier, afin d'arriver à une descente régulière des charges et à une bonne distillation.

Le chauffage et la sortie du coke paraissent bien être les points délicats du système et compter parmi les principales difficultés qu'on a eu à surmonter.

En résumé, le rendement très élevé en gaz d'une qualité très satisfaisante, la qualité du goudron, le rendement en ammoniaque, l'absence de naphtaline et la diminution du cyanogène, tous ces points montrent que la cornue de Bournemouth se rapproche autant que possible des conditions de la distillation théorique pour la fabrication du gaz, la production du gaz à l'eau devenant accessoire, mais permettant cependant une certaine utilisation de la chaleur du coke.

En outre, avec la suppression du barillet, le chargement continu, la suppression des fumées, des poussières, etc., les conditions du travail doivent être notablement améliorées.

Enfin, du fait de la suppression du bâtiment, du faible espace occupé, les frais de premier établissement doivent être diminués.

MM. Woodall et Duckham ont poursuivi, pendant plusieurs années, leurs essais méthodiquement et discrètement et ce n'est que depuis un an environ qu'il sont sortis de leur réserve. Ils attendent toutefois encore que les résultats de la nouvelle installation de vingt cornues à l'usine de Nine-Elms confirment ceux qu'ils ont déjà obtenus.

Si, comme on doit l'espérer, il en est bien ainsi, on peut dire que « le vieux rêve de la distillation continue », pour nous servir d'une expression qui a été souvent employée, aura été réalisé.

Il sérait téméraire, en l'état actuel, de faire des comparaisons entre les divers systèmes. Nous n'avons eu pour objet que de faire connaître ces nouvelles méthodes et d'en signaler l'intérêt.

Nous trouvons, cependant, dans la communication si complète du 14 janvier 1908 de M. E. Körting, une appréciation qu'il est bon de faire connaître.

M. E. Körting, mettant en regard les derniers chiffres donnés par la cornue de Bournemouth avec ceux obtenus à Dessau (sans vapeur) (1) en octobre dernier, conclut que les différences sont

(1) Le professeur Bunte a fait justement remarquer, dans ses observations au Congrès de Mannheim, sur les fours à chambres, qu'il fallait toujours, quand on compare des résultats de ce genre, spécifier si l'on marchait avec ou sans introduction de vapeur.

si faibles qu'un essai simultané avec les mêmes charbons, les mêmes méthodes d'analyse, montrerait que les résultats en gaz d'un système ne dépasseraient les résultats de l'autre que de l'épaisseur d'un cheveu.

« Mais, dit-il, si les deux systèmes sont équivalents, au point de vue du coût de l'installation, de l'entretien, des résultats de la distillation, il sera porté à préférer le moins compliqué. Il n'entend pas, en exprimant cette opinion, diminuer le mérite de MM. Woodall et Duckham qui, avec une habileté et un enthousiasme admirables, se sont consacrés au vieux problème de la distillation continue. »

» Nul doute que les Ingénieurs d'une tournure d'esprit mécanique ne le préfèrent, comme supprimant complètement le travail de l'homme, et toute l'industrie du gaz aura bénéficié d'une saine compétition entre plusieurs systèmes rivaux. »

Cependant, si on examine, dans le type de Poole, l'outillage mécanique nécessaire pour l'alimentation en charbon et la sortie du coke, on voit qu'il est des plus simples et ne constitue qu'un faible supplément de mécanique par rapport à celui nécessaire pour l'élévation de la houille — opération qui ne saurait subir d'interruption, — pour les transports de coke et toutes les autres manutentions mécaniques introduites aujourd'hui dans les usines à gaz, comme ailleurs.

QUATRIÈME PARTIE

Fours à chambres de Munich.

Nous avons vu les modifications introduites dans les conditions ordinaires de la distillation par la cornue verticale discontinue du Docteur Bueb, au point de vue de l'augmentation des charges et, comme conséquence, de la durée de la distillation.

D'autre part, nous avons montré la voie toute différente dans laquelle des essais avaient été faits en France et en Angleterre, et à quel point étaient arrivés MM. Woodall et Duckham avec leur cornue continue.

La tendance de l'industrie du gaz en Allemagne vers l'accroissement des charges avec une durée de distillation prolongée, a amené les Ingénieurs de Munich formés à l'école de l'éminent gazier Schilling, à étudier la fabrication du gaz dans des conditions se rapprochant de celles employées pour la production du coke métallurgique.

L'idée de remplacer le four à cornues par le four à coke pour la production du gaz d'éclairage a été, comme nous le dirons plus loin, plus particulièrement poursuivie en Amérique où, malgré des insuccès dus à diverses causes, notamment à l'infériorité du pouvoir éclairant du gaz par suite de la durée prolongée de la distillation, elle est restée l'objectif de certains techniciens.

L'idée d'obtenir à la fois du coke plus dur que le coke de cornue et du gaz d'éclairage n'est pas nouvelle; pas plus, nous l'avons dit, que celle de la cornue verticale. On se rappelle qu'en France le four Pauwells avait été imaginé pour répondre à ce desideratum.

Le Docteur Bueb a rappelé qu'il avait étudié la question à l'usine d'Everett, près Boston, où l'on produisait le gaz d'éclairage dans des fours à coke, et que la Compagnie Continentale de Dessau mit en service un four de section quadrangulaire de forme spéciale, d'une contenance de 1 000 kg, permettant un chauffage plus énergique que celui des fours à coke, avec une durée moindre de gazéification, et que ce four donna des résultats satisfaisants, mais qu'on n'alla pas plus loin, les essais entre-

pris presque simultanément avec la cornue verticale lui démontrant que l'avenir était de ce côté (1).

L'idée ainsi abandonnée à Dessau a donc été reprise à Munich et est en train, parallèlement à la cornue verticale, de recevoir une sérieuse application.

L'analogie qui existe entre la carbonisation dans les fours à coke et celle dans les chambres de grande capacité rend intéressant de faire un exposé rapide des tentatives faites pour employer les fours à coke à la production du gaz d'éclairage et des principales recherches entreprises sur les conditions spéciales de la distillation dans ces fours.

Si la fabrication du gaz et du coke métallurgique paraissent devoir, en principe, rester des industries distinctes, d'un ordre très différent, elles tendent néanmoins, avec les fortes charges, soit dans la cornue verticale allemande que l'on a comparée à une petite chambre de four à coke redressée (2), dans laquelle on retrouve le même noyau central refroidi, traversé par le gaz, soit dans la chambre de Munich, à se rapprocher et à être, en tout cas, moins éloignées (3) qu'elles ne l'étaient avec la cornue classique et le four à coke du type actuel ou des types qui l'ont précédé.

On sait que c'est en France, en 1856, que fut construit par Knabe, à Commentry, le premier four à coke à récupération de sous-produits. Ce four, amélioré par Carvès, fut ensuite employé à Saint-Étienne et plus tard, en 1873, dans le Gard. Ce n'est qu'en 1881 que la récupération fut appliquée en Allemagne où elle a pris le développement que l'on sait. En Amérique, la première application avec des fours Semet-Solvay fut faite, en 1893, dans la ville de Syracuse (État de New-York).

D'autres installations du même système ou du système Otto-Hoffmann suivirent dans l'ouest de la Pensylvanie. Les progrès furent, au début, assez lents à cause de la répugnance des Compagnies à changer leurs méthodes et, aussi, à cause de la préférence que beaucoup de métallurgistes conservaient pour le coke produit par les anciens fours à ruches.

A côté du goudron, du benzol, de l'ammoniaque, le gaz devenait, avec les fours à récupération, un sous-produit dont on devait chercher l'emploi pour la partie non consommée pour le

(1) *Journal fur Gasbel*, 1905, p. 883.

(2) *Journal fur Gasbel*, 1906, p. 925. *Der heutige Stand der Gastechnik in Hinblick auf die Destillationskokerei*. Fr. Schreiber.

(3) Hilgenstock. Congrès de Dusseldorf, 1902.

chauffage des fours (the surplus gas) et la question de l'utilisation de cet excédent de gaz, tout d'abord posée pour la force motrice aux États-Unis comme en Europe, était aussi poursuivie et étudiée en vue de l'éclairage et faisait l'objet de divers articles dans les publications techniques américaines, reproduits dans les revues européennes.

En 1898, la New England Gas and Coke Company mettait en service à Everett, près Boston, une grande installation de quatre cents fours Otto-Hoffmann, divisée en huit groupes de cinquante fours, chaque unité ayant 33 pieds de longueur, 6 pieds de hauteur, 18 pouces de largeur, et pouvant carboniser, en vingt-quatre ou trente heures, 6 t de houille Dominion du Cap Breton, très riche en matières volatiles (34,60 0/0 à l'état sec) et peu chargée en cendres (5,84 0/0). Ces fours étaient chauffés au moyen de régénérateurs Siemens par les gaz pauvres produits pendant la seconde partie de la distillation et débarrassés de leurs sous-produits.

En septembre 1902, au Congrès des Ingénieurs gaziers anglais, tenu à Glasgow, à l'occasion de l'Exposition (1), le docteur Schniewind, de New-York, adressait une importante communication sur la production du gaz d'éclairage au moyen des fours à coke, sur les installations déjà créées aux États-Unis (2 241 fours Otto-Hoffmann ou modifiés, à cette époque) ou en voie de construction avec application du gaz à l'éclairage, comme à Boston, ou aux usages industriels.

Il préconisait la construction des usines à carbonisation dans le voisinage des grandes villes où l'on devait trouver à la fois le débouché pour le gaz d'éclairage et pour le coke substitué à la houille, de manière à résoudre le problème de la suppression de la fumée, agité si souvent en Angleterre et aux États-Unis et toujours à l'ordre du jour.

Nous ne retiendrons de cet important travail et des nombreux essais qu'il renferme que les données principales relatives au gaz obtenu, qui, dans le cas où il doit servir à l'éclairage, est divisé en deux parties : celle désignée comme gaz riche, produite dans les quatorze premières heures de la carbonisation dont la durée totale était de trente-quatre heures et qui, après les traitements ordinaires, va aux gazomètres, d'où il est envoyé en ville ; et la seconde partie qui constitue le gaz pauvre, dont on retire l'ammoniaque et le benzol par lavage avec des

(1) *Journal of Gas Lighting*, 1901, vol. II, p. 691.

huiles de goudron, ce gaz pauvre étant ensuite employé au chauffage des fours.

Le docteur Schniewind donne les résultats suivants concernant ces deux catégories de gaz :

Par longue tonne de charbon sec	VOLUME				POUVOIR CALORIFIQUE	
	GLASSPORT (essais)		EVERETT (BOSTON) (marche courante)		GLASSPORT	EVERETT
	pieds cubes et mètres cubes	0/0	pieds cubes et mètres cubes	0/0	0/0	0/0
Gaz en surplus riche .	5 143 p³ 145,6 m³	49,5	4 448 p³ 125,9 m³	44,5	54.2	52,3
Gaz consommé pour chauffage des fours.	5 247 p³ 148,5 m³	50,5	5 560 p³ 157,4 m³	55,5	45,8	47,7
Gaz total	10 390 p³ 294,1 m³	100,0	10 008 p³ 283,3 m³	100,0	100,0	100.0

COMPOSITIONS COMPARÉES DU GAZ RICHE ET DU GAZ PAUVRE.

	GAZ RICHE		GAZ PAUVRE (chauffage des fours)	
	GLASSPORT (essais)	EVERETT marche courante	GLASSPORT	EVERETT
	0/0	0/0	0/0	0/0
Gaz éclairants C_mH_n.	5,2	5,0	2,4	2,5
Méthane CH_4.	38,7	37,4	29,2	29,2
Hydrogène H_2	38,4	44,3	50,5	51,8
Oxyde de carbone CO.	6,1	6,2	6,3	5,0
Acide carbonique CO_2.	3,6	2,9	2,2	2,0
Oxygène O_2	0,3	0,1	0,3	0,4
Azote N_2.	7,7	4,1	9,1	9,1
	100,0	100,0	100,0	100,0
Pouvoir calorifique B. Th. U. .	685,8	707,8	366,7	515,0
calories.	6 103	6 299	3 263	4 583
Pouvoir éclairant avec CO_2 bougies.	14,7	16,3	9,0	6,5
— débarrassé de CO_2	17,4	18,5	10,6	8,0

Le docteur Schniewind compare dans le tableau suivant le bilan de la chaleur dans les fours Otto-Hoffmann et dans le four à cornues ordinaires.

RÉPARTITION de la chaleur contenue dans 100 livres de charbon sec	CHARBON ALLEMAND DANS LES CORNUES				CHARBON du Dominion dans le four Otto-Hoffmann
	1 d'après Oechelhauser	2 d'après Körting (*Journal fur Gasbel*, 1898, f° 660)	3 d'après Schilling	Moyenne	
Dans le coke à la vente. . .	46,1	51,0	46,0	47,8	72,3
Dans le coke employé pour le chauffage des cornues .	10,1	14,0	10,0	11,4	»
Dans le goudron	5,5	5,8	6,9	6,1	4,1
Dans le gaz à la vente . . .	21,0	20,0	23,0	21,3	12,7
Dans le gaz employé pour le chauffage des fours. . . .	»	»	»	»	10,7
Dans l'eau ammoniacale, le soufre, dans les épurateurs et pertes.	17,0	9,2	14,1	13,4	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Chaleur employée et perdue dans la distillation. . . .	27,1	23,2	24,1	24,8	10,9
Chaleur contenue dans les produits.	72,9	76,8	75,9	72,2	89,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Les tableaux et graphiques suivants, établis d'après les analyses, montrent les variations pendant la distillation, dont la durée est de trente-quatre heures, des principales caractéristiques du gaz : pouvoirs éclairant et calorifique, densité, composition, etc. Les courbes relatives à la composition montrent, par exemple, que pendant la première période on a un gaz riche en méthane et en hydrocarbures. Dans une seconde période, la formation du coke progresse vers le centre de la charge et la composition du gaz reste à peu près constante. Une troisième période commence quand la chaleur a pénétré jusqu'au centre ; la production de gaz diminue et la proportion d'hydrogène aug-

Distribution des éléments éclairants dans le gaz basée sur les estimations faites à Glassport.

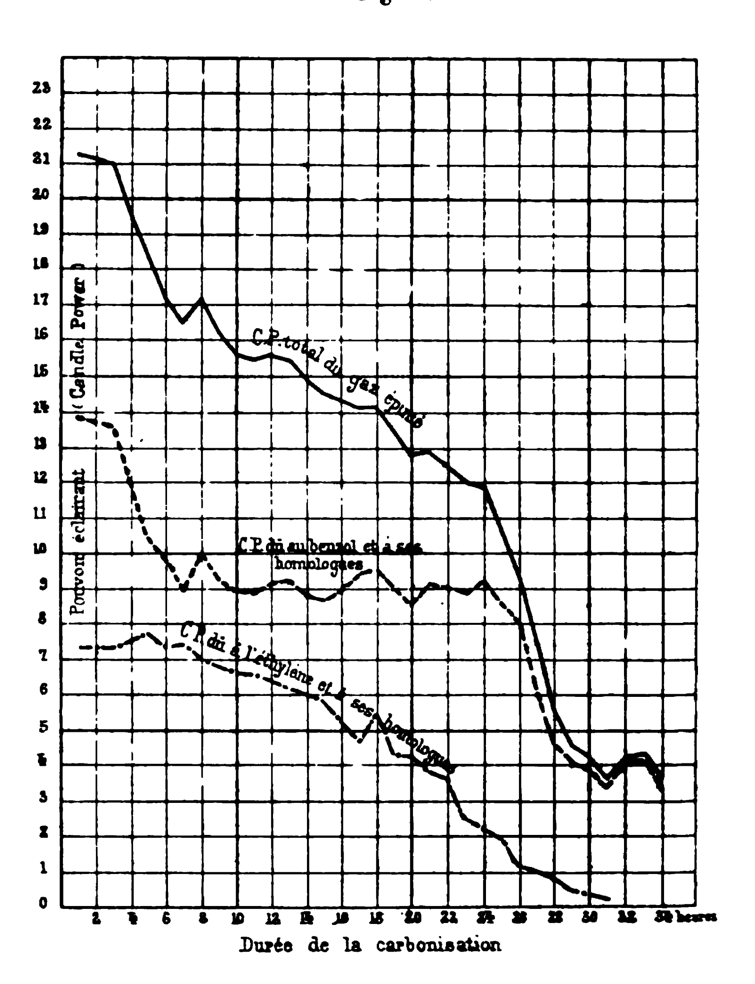
HEURES	GAZ PRODUIT par grosse tonne (charbon sec) pieds cubes	ANALYSE DU GAZ NON ÉPURÉ				POUVOIR ÉCLAIRANT		POUVOIR ÉCLAIRANT du gaz sans CO_2 dû à		PIEDS-BOUGIES DANS LE GAZ sans CO_2		
		CO_2	III	C_6H_6	C_2H_4	avec CO_2	sans CO_2	C_6H_6	C_2H_4	C_6H_6	C_2H_4	TOTAL
1	413	3,9	5,8	1,4	4,4	18,4	21,3	13,9	7,4	5 741	3 056	8 797
2	333 *746*	3,8	5,8	1,4	4,4	18,4	21,2	13,8	7,4	4 595 *10 336*	2 464 *5 520*	7 059 *15 856*
3	295 *1 041*	3,7	5,8	1,4	4,4	18,4	21,1	13,7	7,4	4 042 *14 378*	2 183 *7 703*	6 225 *22 081*
4	312 *1 353*	4,2	5,7	1,2	4,5	16,2	19,4	11,8	7,6	3 682 *18 420*	2 371 *10 074*	6 053 *28 138*
5	347 *1 700*	3,9	5,7	1,1	4,6	15,4	18,3	10,5	7,8	3 644 *22 064*	2 707 *12 781*	6 351 *34 385*
6	357 *2 057*	3,7	5,4	1,0	4,4	14,4	17,2	9,8	7,4	3 499 *25 563*	2 642 *15 423*	6 141 *40 526*
7	342 *2 399*	3,5	5,4	0,9	4,5	13,8	16,4	8,9	7,5	3 044 *28 607*	2 565 *17 988*	5 609 *46 135*
8	350 *2 749*	3,4	5,2	1,0	4,2	14,5	17,1	10,1	7,0	3 535 *32 142*	2 450 *20 438*	5 985 *52 120*
9	386 *3 135*	3,3	5,0	0,9	4,1	13,7	16,1	9,3	6,8	3 590 *35 732*	2 625 *23 063*	6 215 *58 335*
10	344 *3 479*	3,2	4,9	0,9	4,0	13,3	15,7	9,0	6,7	3 096 *38 828*	2 305 *25 368*	5 401 *63 736*
11	324 *3 803*	3,2	4,9	0,9	3,9	13,2	15,6	8,9	6,7	2 884 *41 712*	2 171 *27 539*	5 055 *68 791*
12	362 *4 165*	3,3	4,8	0,9	3,6	13,2	15,7	9,2	6,5	3 330 *45 042*	2 353 *29 892*	5 683 *74 474*
13	363 *4 528*	3,4	4,7	0,9	3,6	13,0	15,6	9,3	6,3	3 376 *48 418*	2 287 *32 179*	5 663 *80 137*
14	357 [illegible]	3,5	4,5	0,9	3,5	12,3	14,0	8,8	6,1	[illegible]	[illegible]	5 022 *85 159*
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9,7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

	6 614									67 394	43 397	110 331
20	330 6 944	3,0	3,4	0,9	2,3	10,6	12,9	8,6	4,3	2 838 70 232	1 419 44 816	4 257 114 588
21	346 7 290	2,7	3,2	0,9	2,2	11,0	13,0	9,1	3,9	3 149 73 381	1 349 46 165	4 498 119 086
22	344 7 634	2,5	3,1	0,9	1,9	10,8	12,7	9,0	3,7	3 096 76 477	1 273 47 438	4 369 123 455
23	396 8 030	2,4	2,8	0,9	1,6	10,3	12,1	8,9	3,2	3 524 80 001	1 267 48 705	4 791 128 246
24	378 8408	2,2	2,5	0,9	1,1	10,3	12,0	9,3	2,7	3 515 83 516	1 021 49 726	4 536 132 782
25	320 8 728	2,0	2,0	0,9	1,7	9,0	10,5	8,6	1,9	2 752 86 268	603 50 334	3 360 136 142
26	294 9 022	1,8	1,5	0,8	0,7	7,8	9,2	8,0	1,2	2 353 88 620	353 50 687	2 705 138 847
27	286 9 308	1,5	1,3	0,6	0,5	6,3	7,4	6,4	1,0	1 830 90 450	286 50 973	2 116 140 963
28	275 9 583	1,3	1,0	0,5	0,3	4,5	5,5	4,6	0,9	1 265 94 745	248 51 221	1 513 142 476
29	228 9 811	1,1	0,7	0,4	0,2	3,8	4,6	4,1	0,5	935 92 650	114 51 335	1 049 143 525
30	168 9 979	0,8	0,6	0,4	0,2	3,7	4,3	3,9	0,4	655 93 305	67 51 402	722 144 247
31	144 10 123	0,7	0,5	0,4	0,0	3,1	3,6	3,3	0,3	475 93 780	43 51 445	518 144 765
32	127 10 250	0,8	0,4	0,4		3,6	4,2	4,0		508 94 288	51 445	145 273
33	94 10 344	1,0	0,4	0,4		3,5	4,3	4,0		376 94 664	51 445	145 649
34	46 10 390	1,3	0,2	0,2		2,5	3,5	2,0		92 94 756	51 445	145 741

N. B. — 1 pour cent C_6H_6 = 10 Candle Power; 1 pour cent C_2H_4 = 1,67 Candle Power.

mente. Enfin, vers la fin, l'azote va en augmentant, ce qui est dû aux rentrées d'air aspiré par l'extracteur à travers les joints des portes, quand la pression diminue dans la cornue (*fig.* 23, *24, 25, 26 et 27*).

Fig. 23

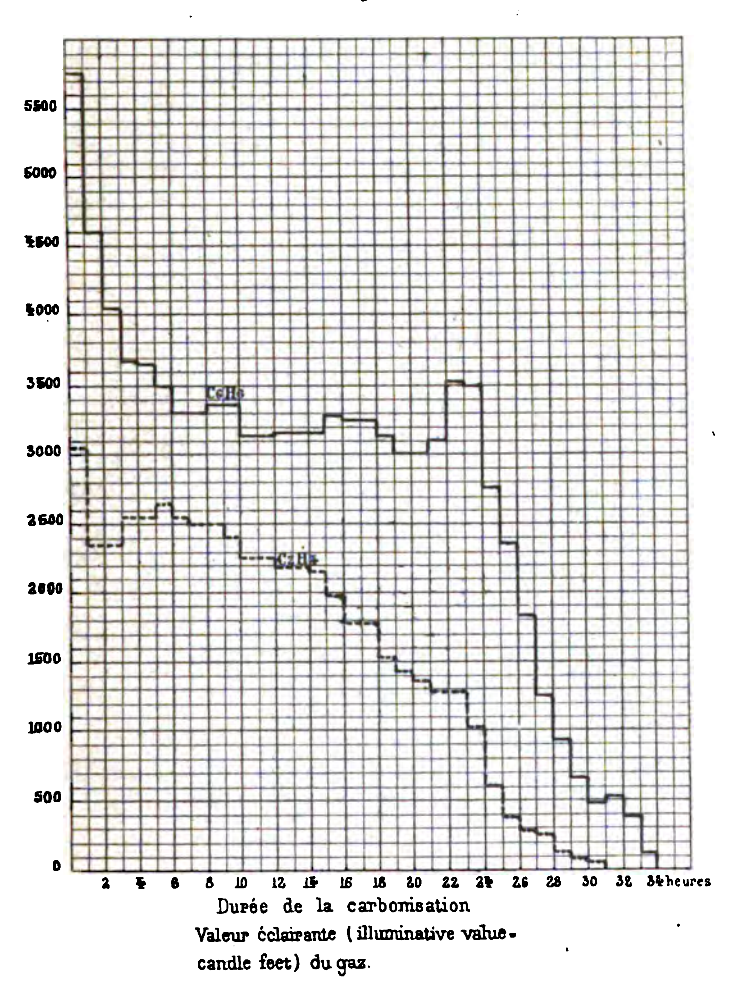


Enfin, les figures 28 et 29 donnent des relevés de températures faits dans des fours à coke.

Dans la discussion qui suivit la communication du docteur Schniewind et à laquelle prirent part les représentants les plus connus de l'industrie du gaz en Angleterre, M. Hunt, de Birmingham, rappela qu'en 1895 et 1896 il avait fait des essais analo-

gues avec des fours Semet-Solvay aux usines de la Brymbo Steel Company, dans le Pays de Galles, et avait constaté qu'on pouvait arriver à obtenir dans les fours à coke du gaz d'aussi bonne qualité qu'avec les cornues ; mais il signalait l'intérêt pour l'in-

Fig. 24



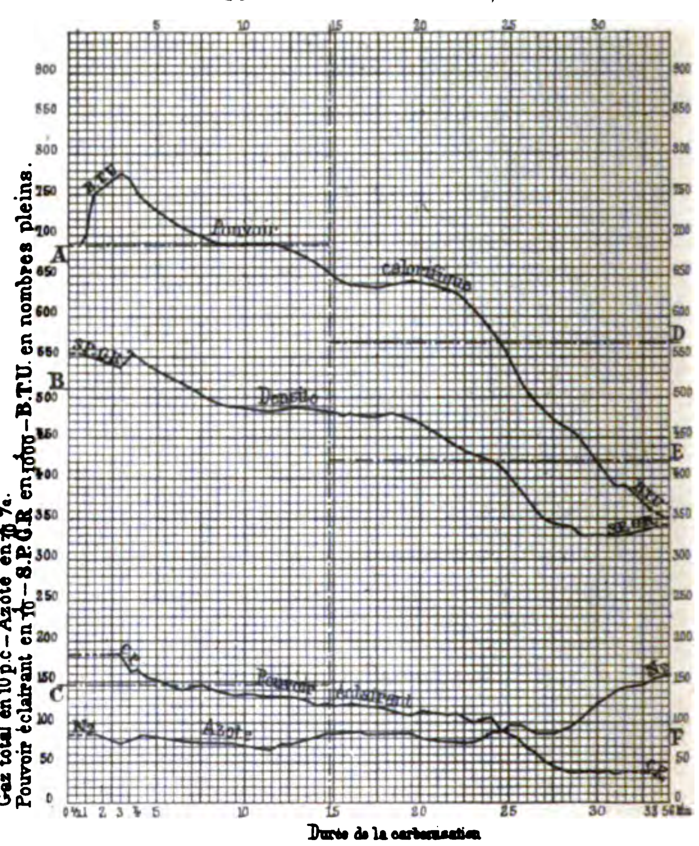
Valeur éclairante (illuminative value-candle feet) du gaz.

dustrie du gaz, dont le but est avant tout de produire du gaz, de chauffer les fours d'une autre façon qu'en consommant une partie du gaz. Sur la question du rendement en gaz, le docteur Schniewind reconnaissait qu'il était moindre que celui obtenu dans les cornues : il fallait compter environ 800 pieds cubes de moins par tonne ; cette différence résultait de la température moins

élevée du four à coke, mais on retrouvait la contre-partie du côté du goudron, de l'ammoniaque et du pouvoir calorifique du gaz.

Fig. 25

Courbes des pouvoirs colorifique et éclairant
et de la densité de l'azote



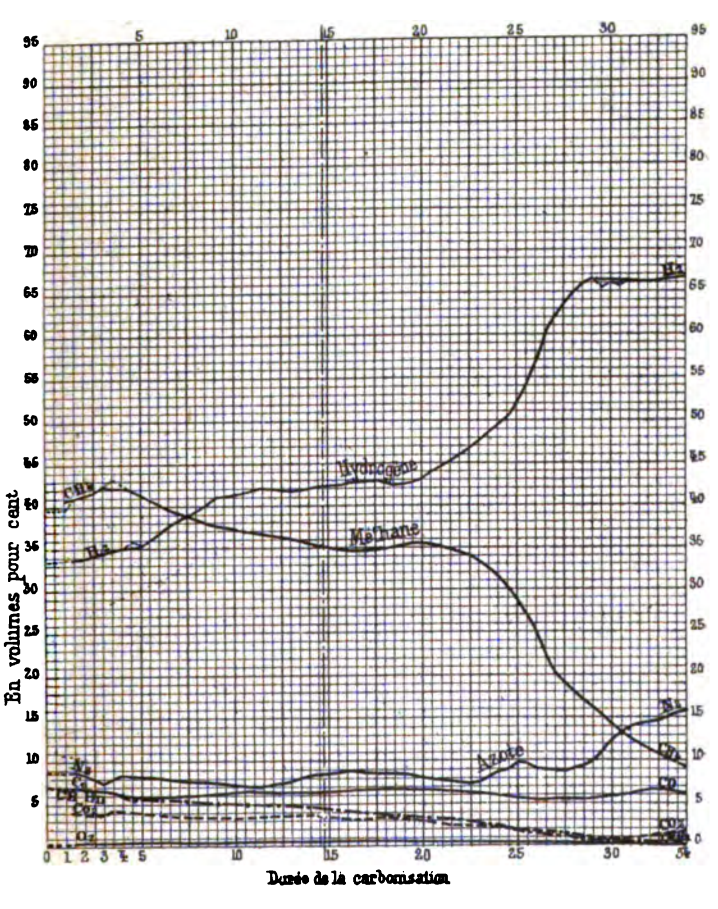
A	Pouvoir calorifique moyen du gaz riche.		685.8 B Th U
B	Densité moyenne	d°	512
C	Pouvoir éclairant moyen	d°	14,7 bougies
D	Pouvoir calorifique moyen du gaz de chauffage		566. 7 B Th U
E	Densité moyenne	d°	421
F	Pouvoir éclairant moyen	d°	9 bougies

Alors que, dans la cornue chauffée de tous côtés, le passage des gaz à la partie supérieure, entre la paroi et le coke porté au rouge, contribue à décomposer les hydrocarbures et l'ammo-

niaque, dans le four à coke, les parois latérales sont seules chauffées et le sommet du four est maintenu à une température

Fig. 26

Courbes des éléments constituants du gaz



Analyse moyenne

	C_mH_n	CH_4	H_2	CO	CO_2	O_2	N_2
Gaz riche	5.2	38.1	38.4	6.1	3.6	0.3	7.7
Gaz de chauffage	2.4	28.2	50.5	6.3	2.2	0.3	9.1

inférieure ; les produits de la distillation sont ainsi mieux protégés contre la décomposition.

Cette grande entreprise de Boston ne fut pas, d'ailleurs, suivie

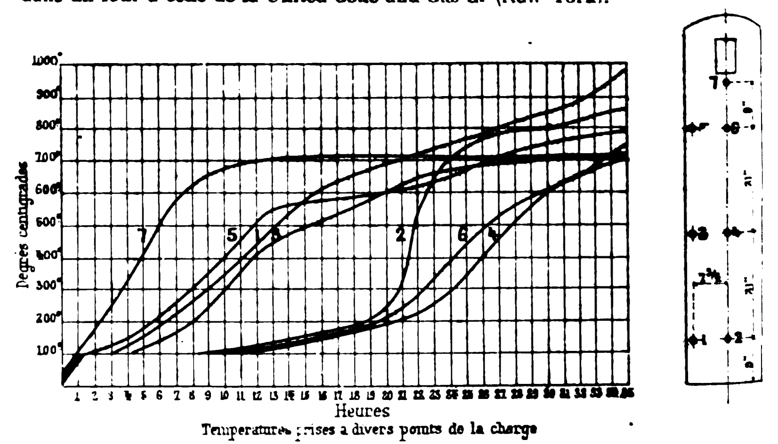
d'un plein succès. Les premiers résultats ne répondirent pas aux espérances des promoteurs; l'affaire était, en avril 1901, après

Fig. 27

A. Ligne représentant la quantité de chaleur du gaz employé pour le chauffage des fours (87831 B.T.U. par tonne et par heure où 532690 B.T.U. par tonne pour toute la durée de la carbonisation.)

Fig. 28. — Diagramme des températures

dans un four à coke de la United Coke and Gas Cy (New-York).

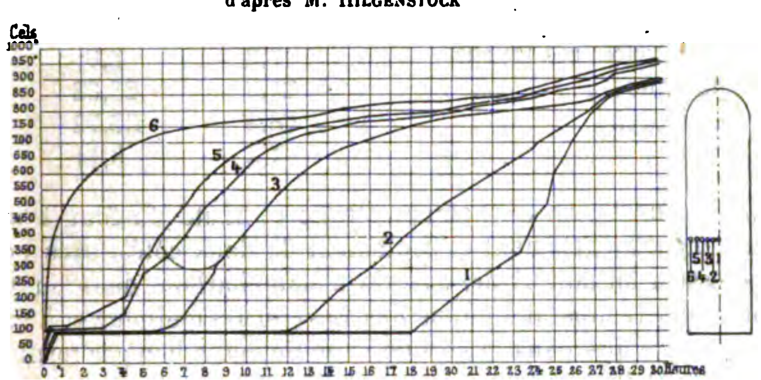


Températures prises à divers points de la charge

quatre ans de marche, mise en liquidation. Mais, les difficultés financières surmontées, elle continua à marcher, en donnant

paraît-il, des bénéfices. Sans examiner si l'entreprise reposait sur une base économique sérieuse et si la solution de Boston, qui ne saurait, d'ailleurs, être généralisée, était, dans le cas particulier, d'une application pratique, on peut retenir de cette

Fig. 29. — Diagramme des températures
d'après M. Hilgenstock



tentative et des données techniques intéressantes fournies par le docteur Schniewind ce que disait, à Glascow, M. Livesey :

« Qu'il lui semblait que tout tendait à la production du gaz sous une forme différente, qu'on avait travaillé pendant cent ans de la même manière qu'au début du siècle dernier et qu'il lui semblait qu'au commencement du siècle présent on devait chercher une nouvelle voie (1). »

La même question des fours à coke revenait en 1902, au Congrès de Dusseldorf, dans la communication de M. Hilgenstock, de Dahlhausen, que nous avons déjà mentionnée.

L'auteur, après avoir passé rapidement en revue les fours à coke, indiqué les défauts des régénérateurs et comment l'on était arrivé à un type qui assure aussi complètement que possible la récupération de la chaleur de gaz, après avoir exposé, d'après ses expériences, l'influence de l'eau incorporée dans la houille sur la formation du coke et expliqué comment la propagation de la chaleur et le développement de la production du gaz s'effectuaient dans les fours au cours de la carbonisation, concluait :

1° Qu'on obtient, même avec des charbons pauvres en gaz, un

(1) *Journal of Gas Lighting*, 1901, vol. 1, p. 703.

gaz dont la composition moyenne est à peine inférieure à celle de beaucoup d'usines à gaz.

Exemple :

	Gaz de four à coke.	Gaz d'usine municipale de Westphalie.
	—	—
Acide carbonique.	1,4 0/0	1,70 0/0
Oxygène.	»	0,60
Oxyde de carbone	6,6	7,10
Hydrocarbures lourds. . . .	3,2	3,0
Méthane.	25,0	28,62
Hydrogène.	56,4	52,72
Azote	7,4	6,11

Le charbon dans la chambre étroite et haute du four à coke étant chauffé également et seulement de deux côtés, sans l'être par-dessus, on doit avoir, avec le même charbon, dans un four moderne à récupération, plus de gaz et du gaz meilleur et à meilleur compte que dans la cornue actuelle, où le bon gaz formé au début — et il s'en forme aussi du mauvais — est en contact de tous côtés, jusqu'à sa sortie, avec des parois échauffées; d'où les effets déjà décrits de décomposition du goudron, des hydrocarbures et de l'ammoniaque;

2° Que les usines à gaz doivent s'inspirer de ce qui a été fait dans les fours à coke. Mais dans quelle voie doivent-elles s'engager? En Amérique, malgré le bruit fait autour de la question de l'éclairage des villes au moyen des fours à coke, il n'y avait, en somme, d'après les statistiques, aux États-Unis, que 33 millions de mètres cubes ainsi produits, sur 1 933 millions de mètres cubes qui y sont consommés.

Les usines à gaz doivent-elles s'attacher aux usines de carbonisation à récupération ou les procédés de ces dernières s'étendre dans les usines à gaz?

L'auteur estime que le gaz produit par les fours à coke trouvera de plus en plus son emploi sous diverses formes et qu'en particulier dans les régions houillères il pourra servir à l'éclairage des villes. Mais il ne peut être question que les fours à coke puissent devenir des usines à gaz dans le sens actuel du mot. Et, de même, la transformation des usines à gaz en usines à coke est plus facile à concevoir qu'à effectuer;

3° Mais les usines à gaz doivent profiter de l'enseignement qui leur est donné par l'industrie du coke. Il y a une voie intermé-

diaire à suivre autre que la voie ancienne. Étant donné, d'après M. Hilgenstock, que la détérioration du gaz dans le four à coke provient moins de la grande couche du coke incandescent que du mauvais gaz qui est resté dans le coke et, mettant en parallèle les inconvénients signalés de la cornue, on doit reconnaître qu'il convient de remplacer les cornues par des chambres de forme appropriée. *Pendant quarante ans, les cornues à gaz ont servi de modèle aux fours à coke, c'est l'inverse aujourd'hui qui doit se produire.*

Ces conclusions de M. Hilgenstock, judicieuses et modérées, et qui seront celles des gaziers allemands de l'école de Munich, comme de celle de Dessau, sur l'emploi des gaz de fours à coke pour l'éclairage, sont très éloignées des tendances américaines qui ont conduit à l'entreprise de Boston. Mais elles sont des plus nettes sur l'intérêt qu'il y a pour l'industrie du gaz à modifier ses systèmes et nous voyons, sur ce point, la même unanimité parmi les Ingénieurs qui font autorité à l'étranger, y compris le Professeur Bunte (1), de Carlsruhe, qui disait, il y a vingt ans : « Nous carbonisons toujours dans les usines à gaz par petits tas. On devrait une bonne fois chercher à carboniser en grandes masses. »

C'est au Congrès des Gaziers allemands de Mannheim (2), en 1907, que le Directeur Ries, de Munich, a décrit l'installation faite dans cette ville de cinq fours de trois chambres chacun et les résultats obtenus après une marche continue de huit mois.

M. Ries rappelle que, dès 1895, il soumettait au Conseil de la Compagnie du Gaz de Munich la déclaration suivante :

« Il semble que les fours de distillation des usines à coke nous fournissent le modèle d'un four à gaz répondant à toutes les exigences. Nous ne méconnaissons guère les difficultés qui se présentent pour l'adaptation du four à coke au service des usines à gaz ; mais, d'un autre côté, nous ne croyons point impossible la combinaison du gazogène et du four à chambre. Ce n'est que par un tel système de four que la production du four deviendra indépendante de la main-d'œuvre et que son exploitation sera plus économique. »

Ce n'est qu'en 1902 qu'il put, pour des raisons spéciales, procéder à la construction d'un four d'essai et, ultérieurement, à des

(1) *Journal für Gasbeleuchtung*, 1903, p. 640. Communication de M. Ries sur les « Fours à chambres pour la production du gaz ».
(2) *Journal für Gasbeleuchtung*, 3 août 1907.

expériences pratiques qui ont abouti, après des remaniements successifs, à une installation définitive.

Nous voyons ainsi que, si le principe de la distillation en grande masse est le même dans le four à chambre que dans le four à coke, le programme que se traçait, dès le début, le Directeur Ries présentait des différences essentielles avec celui qui avait présidé à l'entreprise de Boston, bien que le Docteur Schniewind eût aussi indiqué la possibilité d'employer tout le gaz produit à l'éclairage et de chauffer les fours au moyen d'un générateur. C'est ce qui a été fait à Munich, où le but principal était de produire un gaz d'une composition plus régulière que celui des fours à coke, en évitant les rentrées d'air, et de se rapprocher, dans les nouveaux appareils, des conditions de la fabrication du gaz dans les cornues, en les améliorant.

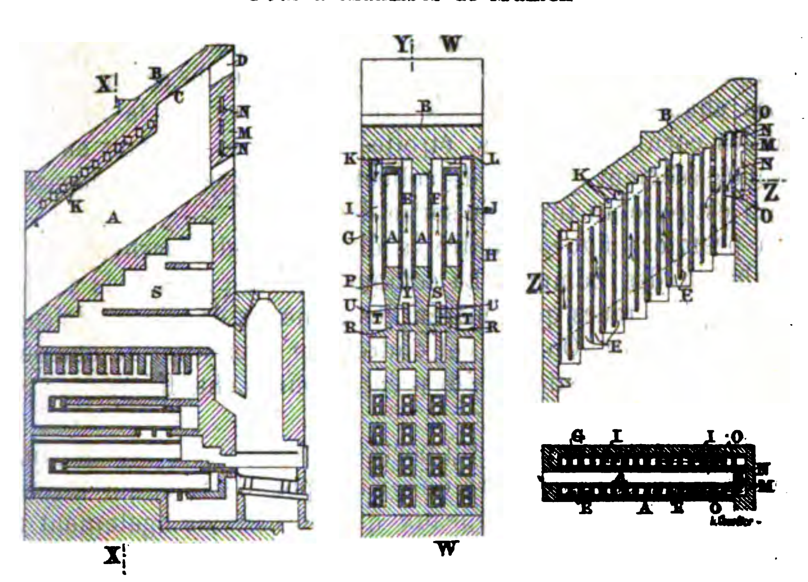
Les principales objections formulées contre l'installation des usines à gaz à côté d'une entreprise de fours à coke ou à l'introduction dans les usines à gaz de la méthode de travail des fours à coke ont été, d'une part, que, les fours à coke faisant partie généralement d'une exploitation industrielle plus étendue : usine métallurgique ou houillère, le service public de la fourniture de gaz, en cas de grève ou d'interruption de travail dans les autres exploitations, en subirait le contre-coup, alors qu'il doit fonctionner dans les conditions de sûreté maximum et qu'il est plus facile de faire face aux interruptions de travail d'une usine à gaz seule que si cette usine est une partie d'une entreprise générale; et, en ce qui concerne le second point, qu'en opérant comme dans le four à coke, c'est-à-dire en ne disposant, pour l'éclairage, que du gaz en surplus, c'est-à-dire d'une proportion du gaz total produit, indiquée, à Boston, comme voisine de 50 0/0, mais comptée en général comme passablement inférieure à ce chiffre, l'usine à gaz aurait à pourvoir à l'écoulement d'un tonnage de coke presque quadruplé. Or, on sait combien le problème de la vente du coke est déjà souvent difficile pour les usines à gaz.

Ces objections ont été développées par le Docteur Bueb dans une communication sur la comparaison des cornues verticales et des fours à chambre, qui suivit, à Mannheim, en 1907, celle de M. Ries, et elles établissent bien les différences fondamentales qui séparent les deux industries du gaz et de la fabrication du coke métallurgique.

Les figures 30 et 31 reproduisent : l'une, la disposition d'un four à chambre, suivant la description jointe au brevet; l'autre,

Fig. 30

Four à chambres de Munich



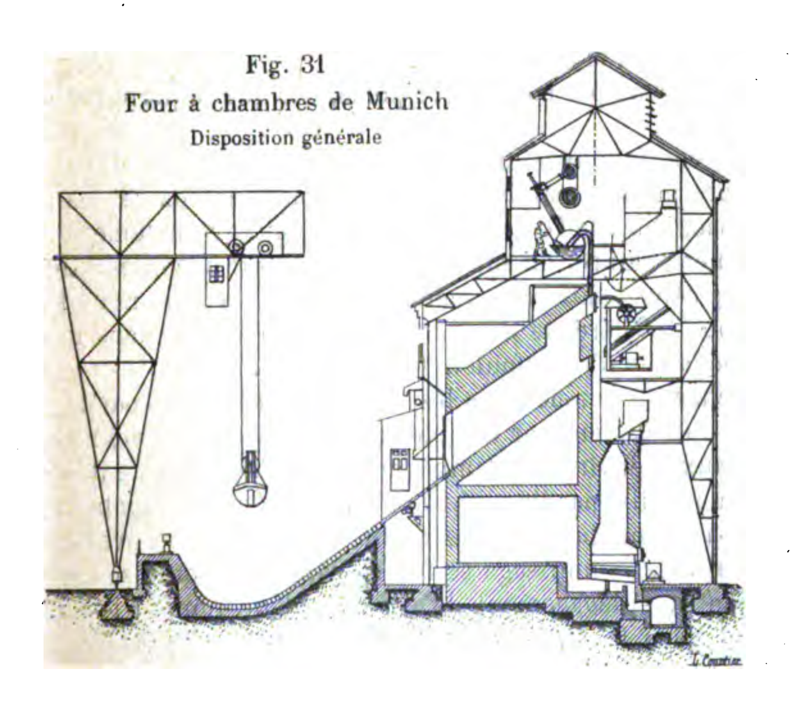


Fig. 31

Four à chambres de Munich

Disposition générale

une disposition générale de l'installation. L'auteur indique, comme caractéristiques de l'invention, la possibilité de remplir complètement les chambres et de régler leur chauffage de manière à prévenir, d'une part, la dissociation du gaz qui se rassemble à la partie supérieure et, d'autre part, de manière à répartir uniformément la chaleur sur les deux côtés et sur le sommet.

Les chambres sont réunies par trois. Elles ont la forme de grandes cornues inclinées, étroites et longues. On voit en haut un élargissement qui sert de collecteur aux gaz qui se dégagent et qui est relié au tuyau de sortie des gaz.

La première figure montre la disposition des carneaux et la circulation des flammes. La combustion des gaz chauds s'opère au-dessus des murs qui séparent les carneaux de ces gaz de ceux des entrées d'air. On a, à cet endroit, le maximum de chaleur. L'air de la combustion a été préalablement chauffé par les gaz chauds avant leur sortie.

La face arrière du four, qui porte en haut l'ouverture de chargement et en bas une autre ouverture pour le refouloir à coke, est traversée par des carneaux qui permettent également de chauffer cette partie du four.

En somme, le four est étudié pour avoir dans toutes ses parties une chaleur uniforme et régulière et assurer une distillation complète de la masse.

Le coke sort par son propre poids, dès que la porte inférieure est ouverte.

On a constaté avec diverses sortes de houilles que le saumon n'adhère pas aux parois et qu'il reste entre le coke et les parois un espace vide de 10 à 15 mm, ce qui agit favorablement sur le glissement naturel du saumon de coke et sur la conservation des parois; cependant, on a ménagé en haut, comme nous l'avons dit, pour accélérer le mouvement, une ouverture dans laquelle pénètre la tête d'un refouloir transportable.

Le charbon amené dans les trémies placées à la partie supérieure du bâtiment par des élévateurs, après avoir été réduit en morceaux d'environ 100 mm, arrive, à l'aide d'un entonnoir à bascule mobile, par l'ouverture supérieure de la chambre, après qu'on a fermé la porte de sortie du coke et l'ouverture du refouloir. Le remplissage se fait en vingt ou trente secondes et presque sans dégagement de chaleur ni de fumée; le charbon s'étend dans la chambre uniformément presque jusqu'au toit. Toute l'opération ne demande que trois minutes.

La durée de la distillation avec les charbons allemands est de vingt-quatre heures. On a fait observer (docteur Bueb, communication déjà citée) que, si cette durée est suffisante pour des charbons de la Saar, le charbon anglais du Durham, pour distiller complètement, demanderait plus de temps.

On a soigné d'une façon particulière la fermeture des embouchures supérieures des chambres et de la porte de sortie des cokes; cette dernière est manœuvrée mécaniquement et est munie à l'intérieur d'un écran qui empêche le charbon de pénétrer dans la feuillure. La pression du charbon sur la porte est reportée, au moyen d'une disposition spéciale, sur l'ancrage du four.

Il y a un barillet pour chaque four avec trois tuyaux montants de large section.

L'extinction du coke, qui est un des côtés délicats du service des fours, et son enlèvement nécessitent, avec des masses de coke aussi considérables à évacuer d'un seul coup, des dispositions spéciales.

Chaque chambre contient de 2 1/2 à 3 t de charbon, suivant la nature du charbon. Elle produit de 2800 à 3000 m³ par jour.

A Munich, les cinq fours étaient réunis dans un massif ayant 20,4 m de longueur, 4,65 m de profondeur et 10,6 m de hauteur.

M. Ries indique qu'ultérieurement cette hauteur pourra être diminuée et que, d'autre part, on pourra construire des fours de plus grande capacité, de 4000, 5000 et 6000 m³ par vingt-quatre heures, les longueurs des chambres pour ces capacités agrandies, étant respectivement de 5,9 m, 5,2 m, 6,4 m.

C'est au point de vue de la réduction de la main-d'œuvre que le four de Munich, d'après les données fournies par M. Ries, est particulièrement intéressant.

Le service de cinq fours est assuré par quatre hommes répartis également sur les deux faces du four. Ils font le renouvellement des charges des quinze chambres en trois heures environ. On compte qu'avec une installation tout à fait organisée, au point de vue de l'enlèvement rapide du coke, les quatre ouvriers pourront facilement desservir douze fours par journée de huit heures, soit par ouvrier et par poste de huit heures :

9000 m³	dans des	fours de	3000 m³;
12000	—	—	4000 m³;
15000	—	—	5000 m³;
18000	—	—	6000 m³.

L'expérience dira si ces prévisions, au point de vue de la réduction de la main-d'œuvre pour ces grandes capacités, se réalisent en pratique.

Avec une durée de distillation de vingt-quatre heures, on n'aura, en dehors des opérations de chargement et de déchargement, qu'à s'occuper de la surveillance des fours et de l'entretien des gazogènes, ce à quoi un seul homme suffira facilement.

Les fours de Munich ont donné lieu à des essais qui ont été faits, du 7 au 16 février 1907, par l'Institut d'Enseignement et de Recherches (Lehr und Versuchsanstalt) de l'Association des Gaziers allemands, sous la direction du Professeur Bunte, de Carlsruhe. Ils présentent donc, en raison de la haute personnalité du Professeur Bunte, une importance spéciale.

Le tableau ci-dessous et les graphiques de la figure 32 donnent les caractéristiques essentielles fournies par ces essais.

100 kg de charbons ont produit :

Gaz enregistré au compteur. . .	m^3		34,0
Gaz ramené à 0° et 760 mm. . .	»		31,02
Coke séché à environ 300° . . .	kg		67,88
dont gros coke	»	63,31	
grosseur moyenne . .	»	1,06	
grésillon.	»	1,74	
poussière	»	1,57	
Goudron	kg	6,19	
Ammoniaque	»	7,44	
Ensemble	kg	——	13,63
AzH_3 obtenu	kg		0,239

Le Professeur Bunte rappelle que, jusque dans ces dernières années, on croyait ne pouvoir obtenir du gaz répondant d'une manière satisfaisante, au point de vue de la qualité et de la quantité produite, aux conditions voulues, que dans des appareils de faible capacité exigeant des chargements fréquents. L'expérience, d'une part, de la cornue verticale, d'autre part, des fours à chambres, a démontré qu'il était autrement.

Mais on pouvait penser qu'en chargeant en une fois, dans une chambre portée à la température de 1 200 degrés, une quantité de houille de 2 1/2 t, on aurait un dégagement subit de gaz considérable, et qu'ensuite la production descendrait très rapidement pour tomber en quelques heures à zéro. Les expériences

de Munich ont démontré que la production de gaz n'était pas si rapide au début, ni si irrégulière qu'on le pensait. La qualité se maintenait dans des conditions normales et on ne constatait aucune chute de température dans les carneaux de chauffage; la chaleur, émise par les parois, saisit d'abord de tous côtés les couches extérieures de houille et se propage peu à peu jusque dans l'intérieur du bloc de houille, comme on l'avait constaté, d'ailleurs, dans les cornues verticales. La distillation et la transformation de la houille en coke suivent la progression de la chaleur. Par suite de l'action de la chaleur et de la pression de la

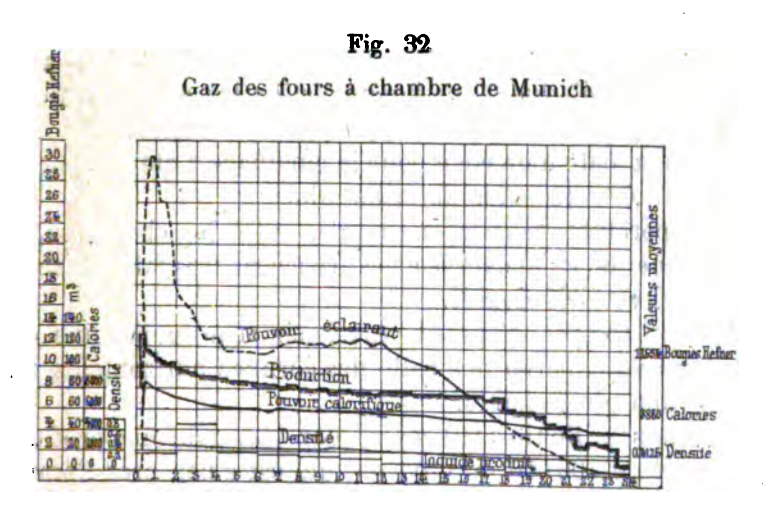


Fig. 32

Gaz des fours à chambre de Munich

masse de charbon, la densité du coke diminue un peu de l'extérieur vers le centre et de la partie inférieure vers le haut de la masse. Il en résulte que le gaz passe plus facilement vers le haut et à travers la partie centrale qui est la moins chaude ; ce qui est un avantage au point de vue de la conservation des hydrocarbures.

Les essais, faits avec du charbon de la Saar, en février 1907, sous la direction du Professeur Bunte, ont montré que le dégagement du gaz atteint son maximum de suite après la charge, comme c'était naturel, mais la production se maintient assez régulière jusqu'à la dix-huitième heure.

Le rendement a été en moyenne de 32,84 m³ par 100 kg de houille avec un maximum de 34 m³ et sans vapeur d'eau; il paraît qu'il a été encore dépassé depuis.

Le pouvoir calorifique présente une assez grande régularité.

Il atteint 8000 calories au début, et baisse lentement jusqu'à 4000 calories à la fin.

Le pouvoir éclairant subit de fortes variations. Il atteint 30 bougies Hefner dans la première heure. La moyenne est d'environ 12 bougies.

Le rendement en coke est de 67 à 68 0/0. De même que, dans la cornue verticale, le coke donne très peu de poussier. Il est assez dur et se rapproche du coke métallurgique.

Le rendement en goudron était de 6,41 0/0. On a eu pour l'ammoniaque 0,211 kg par 100 kg de houille, alors qu'avec le charbon de la Saar, en cornues horizontales, on n'avait à Munich que 0,135 d'ammoniaque.

Toutes choses égales d'ailleurs, la teneur élevée en ammoniaque est corrélative d'une bonne distillation et est l'indice que les gaz n'ont pas subi de décomposition anormale.

La consommatian de coke pour le chauffage a été un peu supérieure à 15 0/0 du poids de la houille.

La température dans les carneaux, entre les chambres, était en moyenne de 1250 degrés avec des écarts très faibles, compris entre 1200 et 1300 degrés.

Enfin, on compte, d'après l'expérience acquise, sur une durée des chambres supérieure à celle des cornues horizontales et sur un entretien plutôt faible.

Le Professeur Bunte a fait remarquer que, pour une production journalière de 100000 m³ environ, qui est à peu près l'émission maximum de Munich, il faudrait 44 fours de 9 cornues, soit 396 cornues, donnant lieu, en charges de quatre heures, à 2376 manœuvres par vingt-quatre heures. Avec le nouveau système, il faudra 41 fours, soit 123 chambres ou 123 opérations par vingt-quatre heures.

A la suite de la communication de M. Ries et des explications du professeur Bunte, diverses observations furent présentées par le Docteur Bueb, sur la comparaison des fours à chambre et des cornues verticales.

Nous en avons mentionné déjà deux, d'ordre général, visant le principe du four à coke appliqué à la production du gaz d'éclairage. Mais, au point de vue de la qualité du gaz, le Docteur Bueb croit qu'il n'est pas possible de remplir complètement le four à chambres, qu'il y aura toujours un certain espace vide et qu'ainsi on ne pourra éviter complètement une décomposition partielle des hydrocarbures et la formation de la naphtaline. Il

y a, selon lui, de ce fait, une différence essentielle entre la cornue verticale et le four à chambres, et on aura intérêt à redresser le four de Munich pour le rendre vertical (1).

Un des avantages revendiqués en faveur de la distillation en vingt-quatre heures a été la possibilité de supprimer le travail de nuit. Cette question a été également discutée par le Docteur Bueb qui ne croit pas cette suppression possible avec les conditions générales du service dans les usines à gaz.

Tout système nouveau, avant qu'il ait pour lui la sanction d'une assez longue expérience, donne lieu naturellement à des critiques, dont le temps démontre le bien ou le non-fondé. Il était intéressant de signaler les observations formulées par l'inventeur de la cornue de Dessau. Des discussions de ce genre qui mettent en présence des personnalités aussi éminentes que le Docteur Bueb, le Professeur Bunte et le Dr Ries, ne peuvent que servir l'intérêt général.

A la suite des essais de Munich et de l'organisation de ce système dans l'usine à gaz de cette ville, d'autres installations de fours à chambres furent mises en construction en Allemagne.

Nous avons pu visiter récemment à Hambourg une batterie de 10 fours de 5000 m³ qui venait d'être mise en fonctionnement sous la direction de M. Krause, directeur général des services du gaz de cette ville.

Les vues 11, 12, 13, 14, 15 de la planche 159 donnent une idée de l'ensemble du massif qui n'a pas moins de 14 m de hauteur sur 30 de longueur. Les chambres ont 6,50 m de longueur sur 2,90 m de hauteur et 0,55 m de largeur.

Dès que la porte se soulève, on voit le saumon de coke se précipiter dans la trémie d'extinction, d'où il tombe sur un puissant convoyeur qui l'entraîne.

A Hambourg, il n'y a pas de bâtiment au-dessus du massif.

Dans une autre disposition, représentée planche 158, la batterie est abritée par une charpente.

A Leipzig, on fait actuellement une installation du type de 6000 m³, supérieure ainsi à celle de Hambourg.

Enfin, en France, la Compagnie du gaz de la banlieue procède, dans l'usine de Gennevilliers, à la construction de deux batteries de 30000 m³ chacune.

(1) C'est, effectivement, ce qui a été fait ou proposé depuis. Un système de four à chambres verticales a été tout récemment décrit par M. Gustav Horn, de Brunswick.

Nous avons exposé les principes d'ordre scientifique et économique qui ont guidé, dans ces dernières années, les inventeurs à la recherche d'améliorations à apporter aux procédés courants de distillation. Nous avons décrit les dispositions essentielles et fait connaître les données des systèmes qui, parmi tous ceux imaginés, sont arrivés à des résultats pratiques. Nous avons vu le développement pris par la cornue verticale de Dessau, puis par les fours à chambres, en même temps que les résultats atteints par la cornue continue de MM. Woodall et Duckham font espérer que cet appareil, si intéressant, prendra bientôt sa place à côté des appareils de distillation en grandes masses et à durée prolongée.

En l'état actuel, il serait prématuré de chercher à établir une comparaison entre les divers systèmes. La question du coût de premier établissement joue évidemment un grand rôle ; mais il y a aussi d'autres éléments à envisager, tels que l'entretien, sur lesquels on ne pourra être fixé qu'avec le temps.

Les uns et les autres paraissent susceptibles de modifier d'une façon avantageuse les conditions de la main-d'œuvre, point capital aujourd'hui pour les usines à gaz.

En ce qui concerne la production, les rendements en gaz et en sous-produits, la qualité du gaz et des sous-produits, les résultats très intéressants qui ont été annoncés sont, à peu près, comparables pour les différents systèmes.

Aussi bien, on en est encore aux modifications et perfectionnements, soit comme agrandissement de l'unité de travail, soit pour la production simultanée du gaz à l'eau, etc.

On peut dire que le choix à faire dépendra des conditions spéciales propres à chaque exploitation. C'est ainsi, par exemple, que les grandes unités ne peuvent convenir que pour des usines d'une certaine importance, là, par exemple, où il faudra économiser de la place et gagner en hauteur et que l'introduction de la vapeur d'eau devra être mesurée, suivant les exigences locales du pouvoir éclairant.

Le gazier a donc devant lui aujourd'hui une série de nouveaux appareils, entre lesquels il aura à se décider, suivant les circonstances.

Ce qui ressort des travaux que nous avons passés en revue et des opinions que nous avons rappelées des spécialistes les plus en vue, c'est qu'on restait depuis cent ans dans la même voie et qu'on entre, maintenant, sous diverses formes, dans des voies

nouvelles. Quand tant d'efforts convergent vers un but, il est rare qu'ils restent stériles et n'aboutissent pas à un progrès. Tel est le cas pour la question qui nous occupe.

Si les cornues inclinées et les cornues horizontale servies par les machines ont rendu et rendent encore de grands services, si des raisons spéciales, économiques ou autres, conduisent à les maintenir, là où elles existent, on voit, par les considérations exposées, le haut intérêt que présentent les nouveaux systèmes, soit au point de vue de la distillation elle-même, soit au point de vue des conditions du travail. Le développement rapide de leurs applications montre que nous assistons à une transformation importante, considérée même par certains techniciens comme une révolution, dans les procédés de fabrication du gaz de houille.

CHRONIQUE

N° 340.

Sommaire. — Traction mécanique sur les canaux. — Locomotives anglaises à trois cylindres. — La catastrophe du pont de Québec. — Installations électriques et hydrauliques du port de Cologne. — Le tunnel du Ricken. — Projets de canaux en Allemagne. — La production de l'émeri en Turquie.

Traction mécanique sur les canaux. — On se préoccupe beaucoup, aux États-Unis, des questions relatives aux voies intérieures de navigation et notamment du mode de traction à employer sur ces voies. Ainsi, la Commission fédérale compétente vient de transmettre au Congrès, avec une chaude recommandation du Président, son rapport préliminaire et il est probable qu'on verra se produire sous peu un développement sérieux des canaux et autres voies de navigation intérieure.

Ce rapport constate qu'il existe aux États-Unis 40 000 km de rivières navigables et une longueur non moins égale de cours d'eau qu'on pourrait rendre aptes à la navigation. Il y a en plus 4 000 km de canaux et autant de détroits, baies et bayous qu'on pourrait facilement relier ensemble par des canaux d'une longueur collective de 1 600 km pour former des voies navigables intérieures parallèles aux côtes de l'Atlantique et du golfe du Mexique.

Sur les grands fleuves et certains autres cours d'eau, où il est possible d'employer les modes ordinaires de propulsion mécanique et d'atteindre des vitesses de 15 à 20 km à l'heure, la navigation présente des avantages indiscutables; mais on peut se demander s'il y a un réel intérêt économique à créer des voies navigables à faible section où les vitesses seront nécessairement très faibles et qui seraient incapables de lutter avantageusement avec les chemins de fer.

La Commission aura naturellement à étudier les divers modes de traction et de propulsion sur les canaux et devra chercher à obtenir quelques données sur le coût de la puissance nécessaire avec ces divers systèmes. La Commission royale anglaise sur les canaux et voies navigables a publié récemment un rapport très développé qui traite dans une certaine mesure de ce sujet. Il est permis de supposer que dans l'avenir on devra recourir à la traction électrique sous une forme ou sous une autre, mais le rapport dont nous parlons ne semble pas trouver grand avantage à ce système. Le moteur à gaz est, comme on sait, capable de fournir la force motrice d'une manière économique et on pourrait en conclure qu'il pourrait être employé avec avantage sur les canaux; mais

jusqu'ici l'expérience ne lui a pas été favorable dans cette application. Il est vrai qu'il n'a été employé que sur des bateaux de faible tonnage, avec des puissances de 20 ch et des vitesses de 5 km à l'heure entre les écluses; le coût du transport, dans ces conditions, était de 2,2 centimes par tonne-kilomètre tout compris, sauf les droits de navigation.

Avec la machine à vapeur, une expérience prolongée a fait constater un prix de revient sensiblement égal, mais si on prend des bateaux en remorque, le prix peut s'abaisser à 1,6 centime.

Avec le moteur à pétrole, la dépense est plus élevée.

Nous avons dit que ces prix ne comprennent pas les charges relatives au canal, intérêt, entretien et exploitation. Or, la dépense moyenne de transport de la tonne-kilomètre sur l'ensemble des chemins de fer des États-Unis ne dépasse pas 2,35 centimes, mais y compris les frais de toute nature.

On emploie en Allemagne la traction électrique sur les canaux, mais sous une forme sujette à objections sous le rapport du coût élevé de l'établissement et de l'entretien. Aux États-Unis, la traction électrique a été employée sur le canal de l'Érié et sur celui de Miami, et, en Belgique, sur le canal de Bruxelles à Charleroi; mais toutes ces applications n'ont pas réussi pour des raisons économiques. Il faut pour la traction électrique un trafic très considérable, au moins 2 millions de tonnes par an.

On a employé trois systèmes pour l'application de ce mode de traction. Le premier consiste à se servir de locomotives circulant sur le chemin de halage. On s'en est servi en France, à Douai; les machines, pesant 2 à 3 t, développaient une puissance d'une dizaine de chevaux et recevaient le courant d'un conducteur aérien. On reproche à ce système une usure rapide des machines et du chemin de halage.

Une partie du canal de Douai, de 15 km environ de longueur, est exploitée par la seconde méthode, qui consiste à disposer sur le chemin de halage une voie ferrée légère sur laquelle circulent les locomotives électriques; ces machines portent deux moteurs de 20 ch chacun et pèsent 8 t. Elles exercent un effort de traction de 1 350 kg, qui est suffisant pour haler quatre bateaux de 300 t à la vitesse de 3,200 km à l'heure. Sur ce canal, il n'y a de voie que sur une des berges et, lorsque des bateaux se rencontrent venant en sens inverse, il faut changer de locomotives.

Une application de cette méthode sur une plus grande échelle a été faite au canal de Teltow, en Allemagne; les locomotives pèsent 8 t et ont deux moteurs; chacune remorque deux bateaux portant ensemble 1 200 t à une vitesse de 4 km à l'heure; c'est la vitesse maxima qu'on puisse admettre sur les canaux, car, si on la dépasse, il se produit rapidement des érosions dans les berges et, d'ailleurs, l'effort de traction augmente considérablement.

Le canal de Teltow a 40 km de longueur et l'installation de l'électricité, y compris les stations de production du courant, a coûté 150 000 f par kilomètre, soit le prix d'établissement d'un chemin de fer dans l'ouest des États-Unis.

Le rapport entre la section immergée des bateaux et la section

mouillée du canal a une influence considérable sur la résistance à la traction et, dès lors, sur le coût de celle-ci.

Le professeur Marchaut, en déposant devant la Commission royale des voies intérieures navigables, estime que, quel que soit le mode de traction, la limite de vitesse à envisager est de 4,8 km à l'heure. Il évalue la dépense de la traction électrique, telle qu'elle est employée sur le canal de Teltow, de la manière suivante pour diverses intensités du trafic : 5,4 centimes par tonne-kilomètre pour 2 millions de tonnes par an, 4,6 centimes pour 3 millions et 4 centimes pour 4 millions.

La troisième méthode d'application de la traction électrique a été employée à titre expérimental sur le canal de l'Érié ; il y a, dans ce système, un rail surélevé posé sur le chemin de halage et supporté à distance convenable par des colonnes ; la largeur de la voie est de 1.015 m, la vitesse normale est de 5,3 km à l'heure. Le courant dépensé est de 12,8 kilowatts-heure par tonne nette pour 579 t nettes. L'effort de traction sur la remorque est de 2 000 kg environ.

La Commission royale estime, d'après l'expérience, qu'aucun des systèmes de traction électrique essayé jusqu'ici ne peut lutter avec la traction à vapeur ou la traction animale telle qu'elle est employée sur certains canaux en Angleterre ; le prix de revient descend, en effet, 0,045 centime par tonne-kilomètre. Ce qui a été dit plus haut d'un minimum de 2 millions de tonnes par an pour que la traction électrique soit possible présente de l'intérêt en ce qu'il existe très peu de canaux secondaires qui réalisent ce chiffre. En 1860, le trafic sur le canal si important de l'Érié n'atteignait que 2 225 000 t et, en 1896, il n'avait pas sensiblement augmenté. Les bateaux de 1 000 t, qu'on doit employer sur ce canal, exigent, pour être remorqués à 4,8 km à l'heure, une force de 50 ch pour le remorqueur et la dépense relative à la force motrice est d'environ 15 000 f par an pour la remorque d'un bateau.

Dans les divers chiffres qui ont été donnés ci-dessus pour le coût du transport par canaux, on a supposé que ces chiffres représentent la dépense totale de traction et sont dès lors comparables aux frais de traction de locomotives remorquant à faible vitesse des trains de marchandises. Que nous supposions l'emploi du plus ancien et plus lent moyen de halage, les chevaux, ou le plus récent, la traction électrique, le coût du halage sur les canaux européens, où la main-d'œuvre est relativement bon marché, peut être estimé à 0,5 centime par tonne-kilomètre. La dépense de traction par locomotive sur les chemins de fer pour des trains lourds marchant à faible vitesse ne dépasse pas, tout compris, 0,2 centime par tonne-kilomètre, soit 40 0/0 du prix de la traction sur les canaux.

La conclusion serait que les canaux ordinaires, où la vitesse des bateaux serait limitée à 5 à 6,5 km à l'heure, ne représenteraient qu'une faible capacité de transport en regard de leur coût d'établissement et qu'il leur serait impossible de lutter avantageusement avec les chemins de fer, puisque sur les canaux d'Europe la dépense de transport, non compris les droits de navigation, s'élève à 1,4 à 2 centimes, tandis qu'on transporte le charbon, sur les chemins de fer des États-Unis, au tarif de 1,1 centime. La navigation intérieure ne peut être profitable aux États-Unis que sur les grandes voies où on peut employer des bateaux ou

des navires à vapeur marchant à la vitesse des trains de marchandises ; ce sont ces voies seules qu'on devrait comprendre dans le programme des améliorations proposées.

Nous extrayons ce qui précède du *Railway Age*, auquel nous laissons la responsabilité de ses appréciations.

Locomotives anglaises à trois cylindres. — Nous avons eu occasion de parler (Chronique d'août 1907, page 707) de plusieurs types, compound ou non, de locomotives à trois cylindres, construites pour des chemins de fer anglais. Il vient d'en être fait un nouveau modèle qui présente quelque intérêt, surtout à cause de sa puissance considérable.

Le Great Central Railway possède, à Wath, entre Mexborough et Barnsley, une grande gare à marchandises pour le service du trafic minéral énorme du South Yorkshire. C'est une gare de triage qui occupe une superficie de 32 ha et dont les voies ont une longueur collective de 58 km ; certaines de ces voies sont établies sur une longueur de 860 m en rampe de 4,7 0/00, tandis qu'une autre partie présente, sur une distance de 1 180 m, des déclivités en sens inverse variant de 0 à 25 0/00.

C'est pour desservir ces voies que la Compagnie a fait construire par les ateliers Beyer et Peacock, à Manchester, quatre locomotives du type dont nous nous occupons.

Comme disposition générale, ce sont des machines-tender portées sur quatre essieux accouplés et sur un bogie à deux essieux à l'arrière. Les roues accouplées ont 1,423 m et les roues de support 1,093 m de diamètre. L'écartement des essieux accouplés est de 5,21 m et l'écartement des essieux extrêmes est de 9,353 m; la distance entre le dernier essieu accouplé et l'axe du pivot du bogie est de 2,999 m. L'écartement des essieux du bogie est de 2,287 m.

Il y a trois cylindres, tous à haute pression, de 0,457 m de diamètre et 0,66 m de course; ces cylindres sont disposés en batterie : un dans l'axe longitudinal de la machine et les deux autres, un de chaque côté; ces derniers attaquent le second essieu accouplé à partir de l'avant et le cylindre central le second essieu. Les tiroirs sont placés à l'intérieur pour les cylindres extérieurs et en dessus pour le cylindre central. Chaque tiroir est mû par un mécanisme de commande à coulisse Stephenson. Les trois manivelles sont calées à 120 degrés les unes par rapport aux autres.

La chaudière a des dimensions considérables : le corps cylindrique a 1,461 m de diamètre et 4,575 m de longueur; il contient 221 tubes de 50,8 mm de diamètre extérieur et 4,686 m de longueur entre les plaques tubulaires. Le foyer du type Belpair à 2,592 m de longueur.

La chaudière, établie pour une pression de 14,2 kg par centimètre carré, a une surface de grille de 2,42 m² et une surface de chauffe totale de 179,6 m² dont 14,20 m² pour le foyer. L'axe du corps cylindrique est à 2,602 m au-dessus du rail.

L'eau est contenue dans des caisses latérales et dans une caisse à l'arrière ; leur capacité totale est de 13 600 l; les soutes contiennent 4 t

de charbon. Le poids de la machine en service avec approvisionnements complets est de 97 500 kg dont 22 900 kg sur le bogie et 18 670 kg sur chacun des essieux accouplés. La longueur totale de la machine hors tampons est de 13,73 m.

Toutes les roues sont freinées, y compris celles du bogie et la machine est munie d'un changement de marche à vapeur.

On estime l'effort de traction à 225,6 livres par livre de pression de la vapeur dans le cylindre, ce qui donnerait, en supposant 80 0/0 de la pression de la vapeur, 15 400 kg d'effort de traction à la jante des roues ou environ 1/6,3 du poids maximum de la machine. Cet effort est nécessaire pour démarrer et mettre rapidement en vitesse des trains de 1 200 t sur les rampes indiquée plus haut. Ces machines paraissent être les plus puissantes, comme effort de traction, qui aient été mises jusqu'ici en service sur les chemins de fer anglais.

La catastrophe du pont de Québec. — Nous avons parlé, dans la chronique d'octobre 1907, page 439, de l'effondrement du pont de Québec, survenu pendant le montage, et nous avons donné dans cette même chronique et dans celle de décembre, page 662, le résumé des dépositions faites devant la Commission d'enquête, nommée par le Gouvernement canadien, par les représentants de la Phœnix Bridge Company, constructeur du pont, d'une part, et par M. Th. Cooper, Ingénieur-Conseil de la Quebec Bridge Company, d'autre part.

Nous avons maintenant le rapport de la Commission d'enquête, composée de MM. H. Holgate, J. G. Kerry et John Galbraith, trois Ingénieurs occupant de grandes situations au Canada; ce rapport avec ses annexes n'occupe pas moins de soixante-six colonnes de 103 lignes d'un journal américain tel que l'*Engineering Record*. Nous devons nous borner à en reproduire *in extenso* les conclusions.

La Commission est d'avis que :

1° La chute du pont de Québec a été amenée par l'écrasement des cordes inférieures de la travée d'ancrage près de la pile de support, écrasement dû à la disposition vicieuse de ces cordes ;

2° Les efforts qui ont amené cet écrasement ne sont pas dus à des circonstances exceptionnelles, mais à des causes qui pouvaient se présenter normalement au cours du montage;

3° L'étude des pièces qui ont manqué a été faite par M. P. L. Szlapka, Ingénieur des études de la Phœnix Bridge Company ;

4° Les dessins ont été examinés et approuvés par M. Théodore Cooper, Ingénieur-Conseil de la Quebec Bridge Company;

5° La catastrophe ne peut être attribuée à aucune autre cause qu'à des fautes de jugement de la part de ces deux Ingénieurs;

6° Ces erreurs ne résultent ni d'une éducation professionnelle insuffisante, ni d'une négligence, ni d'un désir exagéré d'économie. Ces deux Ingénieurs se sont trouvés en face d'un des problèmes les plus difficiles qu'on pût avoir à résoudre et leur valeur n'a pas été à la hauteur de cette tâche;

7° La Commission ne trouve pas que les spécifications établies pour cet ouvrage aient été satisfaisantes ou suffisantes. Les efforts élémen-

taires dépassaient les limites admises dans la pratique courante. Les spécifications ont été néanmoins admises sans discussion par tous les intéressés;

8° De graves erreurs ont été commises dans l'évaluation des poids morts qui ont été comptés trop faibles et il n'a pas été, plus tard, fait de corrections. Ces erreurs auraient, même avec de meilleures dispositions pour les cordes inférieures, amené l'insécurité absolue du pont, s'il avait pu être achevé. Ces calculs erronés ont été faits par M. Szlapka et acceptés par M. Cooper;

9° La Commission ne croit pas que la chute du pont eût pu être prévenue par des mesures protectrices, postérieures à la date du 27 août 1907. Aucun travail de consolidation ou de démontage n'était possible en présence des dangers qui en seraient résultés pour le personnel;

10° La perte de vies qu'a entraînée la catastrophe du 29 août aurait pu être évitée par un peu plus de jugement de la part du personnel dirigeant pour le compte de la Quebec Bridge Company et de la Phœnix Bridge Company;

11° La Quebec Bridge Company, a eu tort de ne pas avoir sur les lieux un Ingénieur en chef très au courant du travail. Il en est résulté un manque de surveillance de sa part très préjudiciable;

12° On ne peut incriminer ni les études de détails, ni l'exécution, ni le montage faits par la Phœnix Bridge Company, ni la qualité des matières fournies par elle. On a à lui reprocher des erreurs fondamentales dans l'étude du pont;

13° Aucune des personnes chargées de l'étude générale de l'ouvrage ne paraît s'être rendu suffisamment compte de l'importance exceptionnelle de l'ouvrage, ni de l'absence des éléments nécessaires pour résoudre le problème. On n'a fait ni études particulières, ni expériences spéciales pour les obtenir;

14° Les connaissances qu'on possède sur la résistance à la compression de pièces telles que des colonnes ne sont pas suffisantes pour permettre d'étudier dans des conditions économiques des ouvrages tels que le pont de Québec. Il n'est pas douteux qu'on ne puisse construire un pont semblable dans des conditions satisfaisantes de sécurité, mais, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne pourrait le faire qu'en employant énormément plus de matières que si on connaissait mieux les conditions de résistance des éléments soumis à la compression;

15° La réputation de M. Cooper était telle que son choix par la Quebec Bridge Company, comme Ingénieur-Conseil, et la confiance qui lui fut accordée par elle, par le Gouvernement canadien et par la Phœnix Bridge Company étaient parfaitement justifiés.

Ces conclusions sont, on le voit, entièrement d'accord avec ce qu'on a dit, dès la première heure, sur les causes de la chute du pont de Québec. Elles sont d'ailleurs conçues dans des termes très modérés, et, tout en établissant les responsabilités, elles ne vont pas jusqu'à accabler les Ingénieurs qui les ont encourues; elles ne contestent ni leur valeur professionnelle, ni leur intelligence; elles se bornent à constater qu'ils n'étaient pas à la hauteur d'une tâche exceptionnellement lourde.

Bien que la Commission indique, au paragraphe 6, que les erreurs

commises ne sont pas imputables à un désir exagéré d'économie, on sait que la question d'argent a, dès l'origine, pesé d'une manière fatale sur l'entreprise dont nous nous occupons. On trouve partout et à toute époque, depuis le début, la trace de son influence néfaste.

La Commission d'enquête ne le méconnait pas d'ailleurs, car dans l'appendice 5 se trouve la phrase très caractéristique suivante : « Si on ne relève pas des cas de travail négligé ou incomplet pour cause d'économie, à la charge de M. Cooper ou de la Phœnix Bridge Company, il n'en est pas moins certain que la sitaution financière embarrassée de la Quebec Bridge Company a toujours eu une sérieuse influence sur la marche de l'entreprise.

Quoi qu'il en soit, le rapport de la Commission et ses annexes sont extrêmement intéressants à étudier et nous aurons probablement l'occasion de revenir sur ce sujet.

Installations électriques et hydrauliques du port de Cologne. — Nous trouvons, dans le Bulletin de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége*, les intéressants renseignements qui suivent sur les installations électriques et hydrauliques du port de Cologne.

Station centrale de force. — Cette station fournit au port l'énergie nécessaire à la manœuvre de tous les appareils de levage; elle reçoit le courant monophasé de l'usine électrique de la Ville; la distribution d'énergie dans le port se fait sous forme d'eau sous pression. L'installation a été conçue en 1896. On discuta, à cette époque, de quelle façon se ferait la distribution d'énergie. Trois projets étaient en présence :

1° Appareils de levage mus par courant continu obtenu dans une sous-station à l'aide du courant alternatif fourni par la ville;

2° Appareils de levage hydrauliques avec compresseurs à vapeur;

3° Appareils de levage hydrauliques avec compresseurs mus à l'aide du courant alternatif de la ville.

Des expériences auxquelles on se livra à cette époque et des devis établis, on tira la conclusion que le premier projet, purement électrique, coûterait par an 38 0/0 environ de plus que le second et 27 0/0 de plus que le troisième.

On y renonça donc. Quoique le troisième projet fût un peu plus coûteux que le deuxième, on l'adopta parce qu'il permettait d'utiliser pendant le jour l'énergie de la Centrale Électrique communale et parce qu'il donnait la faculté, par la mise en marche instantanée des diverses unités à la sous-station, de faire face immédiatement aux besoins du port.

La sous-station a été prévue pour un ensemble de cinquante-trois appareils de levage et dans l'hypothèse où deux tiers d'entre eux fonctionneraient simultanément; pour ce service, 60 m³ d'eau sont nécessaires par heure.

L'installation, telle qu'elle existe actuellement, se compose de quatre pompes de compression débitant 15 m³ par heure et actionnées par des moteurs monophasés asynchrones de 70 ch. Les pompes sont horizontales, à trois plongeurs dont les tiges sont reliées à 120 degrés sur un

même arbre coudé. Les plongeurs ont 80 mm de diamètre et 350 de course; l'arbre fait 50 tours par minute. Chaque alterno-moteur transmet par une courroie son mouvement à une transmission accessoire qui, à son tour, actionne la pompe à l'aide de deux courroies.

La demande en eau sous pression étant très variable, l'installation a été établie de façon que les différentes pompes soient mises successivement en service au fur et à mesure des besoins. Les moteurs asynchrones monophasés, ne pouvant démarrer sous charge, sont tous continuellement en rotation; les courroies les reliant à leurs transmissions accessoires respectives sont normalement immobiles et sur poulies folles. Une pompe supplémentaire doit-elle être mise en service, la poulie folle de l'électro-moteur est embrayée automatiquement avec la poulie fixe et la courroie glisse lentement sur la poulie fixe du moteur et sur celle de la transmission accessoire mettant la pompe en marche; ce mouvement est provoqué par une venue d'eau provenant de l'accumulateur de pression et agissant sur deux pistons différentiels; pour assurer, sans décrochage du moteur, la mise en marche de la pompe, le cylindre d'aspiration et celui de refoulement communiquent et cette communication est coupée automatiquement quand la vitesse de régime est atteinte.

Le courant monophasé parvient à la station avec une tension de 2000 volts; un feeder spécial venant de la Centrale et un deuxième feeder reliant la station au réseau général de la Ville empêchent toute interruption de courant. La tension est abaissée à 110 volts. Le service de chaque alterno-moteur est assuré par deux transformateurs de 35 kilowatts montés en série, de façon à donner aux bornes du moteur une tension de 220 volts. Les alterno-moteurs asynchrones monophasés ont été livrés par la maison G. H. Geist, de Cologne. Leur mise en marche se fait à l'aide de petits moteurs de démarrage de 6 ch.

Les accumulateurs de pression sont au nombre de deux. Chacun se compose d'un cylindre vertical de fonte de 0,470 m de diamètre dans lequel se meut un piston de 0,420 m de diamètre ayant un déplacement de 6,50 m. Ce piston est chargé de 76 000 kg, de façon à obtenir une pression de 55 atm.

L'un des accumulateurs est un peu moins chargé que l'autre, de manière que l'un des deux ne se mette à descendre que lorsque l'autre est en bas de la course et réciproquement.

Les accumulateurs règlent la mise en marche automatique des pompes par le système suivant de la maison Rud. Dinglinger; la descente de l'accumulateur le moins lourd met successivement en marche les différentes pompes, la montée de l'accumulateur lourd les arrête successivement; ce résultat est obtenu par quatre robinets commandant la distribution des cylindres différentiels des pompes et par quatre leviers dont la position et la marche sont réglées par l'ascension ou la descente des accumulateurs de pression.

L'eau nécessaire à la station de force est puisée dans le sol par trois pompes d'alimentation la foulant dans un réservoir de 25 m³ situé dans les combles; de ce réservoir unique elle passe dans deux filtres, puis dans deux réservoirs de 25 m³ chacun, alimentant les quatre

pompes de compression. Chaque pompe d'alimentation débite 25 m³ par heure et est actionnée par un moteur asynchrone de 6 ch à 110 volts; ces moteurs se mettent en marche d'eux-mêmes et sont embrayés, dès qu'ils ont atteint leur vitesse de régime, au moyen d'un embrayage centrifuge hydraulique de Schuckert.

Appareils de levage. — A l'exception d'une grue fixe de 30 t fonctionnant à la main, tous les appareils de levage du port sont mus par l'eau sous pression. Ces appareils sont les suivants :

26 grues roulantes à portique, de 1 800 kg de puissance;

2	—	—	3 000	—
1	—	—	5 000	—

6 grues fixes de 1 500 kg pour le service des caves;
16 ascenseur de 1 700 kg pour les magasins;
3 cabestans de 1 000 kg pour la manœuvre des bateaux.

Ne pouvant entrer dans une description détaillée de ces différents appareils qui ont d'ailleurs beaucoup de points communs, nous nous contenterons de dire quelques mots des grues à portiques de 1 800 kg de puissance.

Afin d'économiser la place, assez réduite sur les quais, la grue est supportée par un demi-portique composé d'un pont roulant horizontal de 10,75 m de portée, placé au-dessus du gabarit du chemin de fer; le pont roulant repose d'une part sur un rail placé au bord du quai, par l'intermédiaire d'un long jambage terminé par deux roues. La grue proprement dite se compose essentiellement d'une colonne verticale pivotante de 8 m de hauteur, solidement arc-boutée et portant un bras de 10,75 m. Le cylindre hydraulique de levage est fixé contre la colonne pivotante; son piston a une course de 2 m assurant, à l'aide de huit moufles, une hauteur de levage de 16 m; ce piston est creux et le dispositif du cylindre est combiné de façon à pouvoir graduer la puissance à 600, 1 200 ou 1 800 kg, suivant que l'eau sous pression agit à l'intérieur du piston creux, sur son rebord extérieur ou sur les deux en même temps. Le mouvement de rotation de la grue s'effectue par l'intermédiaire de chaines sous l'action d'un cylindre horizontal à eau sous pression. Le mouvement de translation du portique le long du quai ne s'effectue que fort rarement et n'est pas commandé mécaniquement.

Le conducteur de la grue est, dans les plus anciens de ces appareils, placé dans une cabine suspendue à l'extérieur du portique; dans le type le plus récent, la grue tout entière est supportée par une plaque tournante, sur laquelle est aussi placée la cabine de commande, ce qui permet d'abriter dans cette cabine les appareils hydrauliques et d'éviter leur congélation pendant l'hiver. La vitesse de levage de ces grues est de 0,6 à 0,8 m par seconde, la vitesse de rotation est de 2 m par seconde.

Il nous parait intéressant d'ajouter quelques détails sur l'usine électrique de la Ville de Cologne qui fournit le courant à la station centrale de force du port, comme nous l'avons indiqué; ces détails sont empruntés à la même revue.

L'usine électrique de la Ville fournit le courant nécessaire à l'éclairage, à la force motrice et à la traction.

Une batterie de chaudières de 12 unités, du type Babcock et Wilcox, avec surchauffeur présentant chacune une surface de chauffe de 300 m², produit la vapeur à une pression effective de 10 atm. Quelques-unes de ces chaudières sont munies d'appareils de chargement automatiques et de grilles tournantes dont on peut régler la vitesse suivant la nature du charbon employé. Les grilles ont une surface de $4 \times 1,75 = 7$ m².

La salle des machines comprend :

1° Quatre groupes électrogènes composés chacun d'une machine à vapeur surchauffée à 250 degrés, compound horizontale, tournant à 84 tours par minute, accouplée directement à son alternateur du type Wilcox, d'une puissance de 1 000 kilowatts:

2° Deux groupes comprenant chacun une turbine à vapeur genre Parsons, actionnant un alternateur Brown-Boveri, pouvant atteindre une puissance de 2 000 kilowatts. Des ventilateurs à force centrifuge assurent l'aération de ces alternateurs blindés en soufflant de l'air à la partie inférieure, lequel air, en s'échauffant, sort par une ouverture ménagée à la partie supérieure;

3° Deux autres groupes turbo-alternateurs, d'une puissance de 3 000 kilowatts chacun, seront installés prochainement dans une salle voisine, de sorte que la puissance totale de l'usine s'élèvera à 14 000 kilowatts.

Les premières installations, relativement anciennes, ayant été établies pour le courant monophasé, on a maintenu cette forme de courant, malgré les désavantages qu'elle présente.

La tension des alternateurs est de 2 000 volts et la fréquence de 50 périodes par seconde.

L'excitation est assurée par deux commutatrices de 100 kilowatts chacune, en concurrence avec une batterie d'accumulateurs.

La distribution du courant se fait par câbles concentriques à 2 000 volts. Le nombre des feeders est de 14.

La tension est abaissée à 220 volts et 110 volts au moyen de transformateurs installés dans les sous-sols des habitations.

Le courant servant à la traction est transformé en continu à 550 à 600 volts, par des commutatrices placées dans une sous-station.

L'énergie électrique est fournie aux abonnés à raison de 0,50 M. le kilowatt-heure pendant la nuit et 0,20 M. le kilowatt-heure pendant le jour.

Tunnel du Ricken. — Nous avons parlé, dans la Chronique de juillet 1904, du tunnel du Ricken, en Suisse, destiné à mettre en communication directe la région du lac de Constance et le Toggenbourg avec les bassins de la Linth et du haut lac de Zurich. Ce tunnel présentait la particularité intéressante de venir comme longueur immédiatement après celui de l'Arlberg et d'occuper, par conséquent, le cinquième rang en Europe; sa longueur est en effet de 8 604 m.

Les travaux ont commencé au nord, côté de Wattwill, le 7 janvier 1904 et au sud, côté de Kaltbrunn, le 2 février suivant. Le délai d'achève-

ment était prévu à 51 mois, soit pour le mois d'avril 1908. On était, en mars 1907, arrivé à avoir creusé la galerie d'avancement sur 4 153,6 m du côté nord et 3 677 m du côté sud, total 7 830,6 m, soit 93 0/0 de la longueur lorsque des dégagements considérables de grisou se produisirent et prirent, surtout sur le côté nord, des proportions inquiétantes ; on dut se résoudre à enflammer le gaz et à attendre sans pouvoir poursuivre l'avancement de la galerie, mais en continuant néanmoins les travaux d'agrandissement et de maçonnerie.

Après une assez longue interruption, on put reprendre peu à peu et avec d'extrêmes précautions l'avancement, tout en étant encore gêné par la rencontre de dégagements plus ou moins importants de gaz. Ainsi, le 16 février dernier, on rencontra encore une poche de grisou au kilomètre 4 198, mais on put reprendre les travaux le 18.

Au 29 février 1908, on avait percé la galerie d'avancement sur 8 442,1 m, soit 98,1 0/0 de la longueur ; il ne restait donc plus à percer que 162 m et la rencontre des deux fronts d'attaque eut lieu le 30 mars à 4 heures 15 du matin.

Il reste à achever l'élargissement et le revêtement. Le cube extrait atteignait, au 29 février 1908, 93,8 0/0 du total, dont 48,6 du côté nord et 45,2 du côté sud. On peut donc espérer que l'achèvement du tunnel n'entrainera pas maintenant des retards trop considérables, mais les dépenses prévues pour la construction seront très largement dépassées.

Projets de canaux en Allemagne. — Dans une conférence faite ces jours-ci à Ulm, l'ingénieur Eberhardt a traité la question si importante pour l'Allemagne méridionale des grandes voies fluviales à créer pour la navigation entre le Rhin et le Danube, par le Neckar, et entre le Danube et le lac de Constance.

Du Neckar au Danube. — Le canal du Neckar au Danube, qui aura 112 km de longueur et qui comprend la canalisation du Neckar ainsi que l'extension de la navigation pour navires de fort tonnage jusqu'à Ulm, se dirige, après avoir passé par trois tunnels, vers la vallée de Rems, franchit par une tranchée de 10 m de profondeur la ligne de séparation des eaux, atteint le Danube près de Luningen, en Bavière.

La largeur du canal est calculée pour que deux chalands de 600 t. chargés chacun du contenu de deux trains de marchandises ordinaires, puissent se croiser ; dans les tunnels seuls et au passage de la ville de Heidenheim, la largeur est réduite de façon à ne donner passage qu'à un bateau à la fois.

En dehors de quinze écluses, on aura recours, pour franchir les différences d'altitude, à huit élévateurs dont un, près de Gmund, transportera les bateaux sur un plan incliné à 91 m de hauteur.

Le projet du canal prévoit, en outre, soixante-dix sept ponts pour relier les voies de communication et cinq ponts de chemins de fer ainsi que des usines d'électricité pour le fonctionnement des élévateurs.

En évaluant le trafic annuel à 1 million de tonnes, ce qui représente le passage de six navires chargés et de six navires vides par jour, on aura besoin pour l'exploitation de 48 000 m³ d'eau par jour, quantité

qui, pendant la plus grande partie de l'année, pourrra être fournie par les fleuves reliés par le canal.

Pendant la période de sécheresse, on devra avoir recours, pendant trente jours environ, à l'eau de source activant les moulins près de Heidenheim, qui devra être refoulée dans le bief de partage.

Au moyen de vingt-trois changements de niveau, le canal, dont les frais de construction sont évalués à 112 millions de marks, aura à franchir une différence de niveau de 345 m dont 293 pour monter au bief de partage et 52 pour redescendre jusqu'au Danube.

Du Danube au lac de Constance. — Du Danube au lac de Constance, le canal aura une longueur de 103 km. Partant du port du Danube à Ulm, le canal, protégé par des digues, remontera le cours du Danube jusqu'à l'embouchure de l'Ilver où il sort du fleuve sur la rive gauche.

A Erbach, il croise encore le Danube et suit jusqu'à Biberach le chemin de fer du Sud. Au sud de Biberach, un élévateur de 19 m porte les navires sur les collines à l'ouest de la vallée du Risz et du Schussen, d'où le canal, suivant la vallée à l'ouest de Schussenried, passe à Aulendorf pour aboutir près de Blitzenreute. A cet endroit se trouve un élévateur à plan incliné qui franchit une hauteur de 132 m.

Le canal coule ensuite par la vallée du Schussen dans la direction du sud pour se jeter près de Langenargen dans le lac de Constance.

Il ne s'y présente aucune difficulté en ce qui concerne l'alimentation d'eau, car, par l'élargissement du lac de Feder, sur une étendue de 1000 h et, le refoulement de ses eaux représentant un volume de 100 millions de mètres cubes le bief de partage, situé à 7 m plus bas peut être aisément nourri.

Les frais de construction de ce canal qui aura à franchir 111 m en montant et 180 m en descendant et qui est destiné à aider puissamment à l'amélioration de l'agriculture, s'éleveront à 800 millions de marks.

La production de l'émeri en Turquie. — La province de Smyrne et l'île de Naxos ont à peu près entièrement le monopole de la production de l'émeri.

D'après un rapport du Consul des États-Unis à Smyrne, ce minéral se trouve sous forme de masses, généralement englobées dans le calcaire, et il ne paraît pas y avoir de règles bien définies permettant d'en constater la présence. Toutes les mines d'émeri actuellement en exploitation sont situées à 300 km environ au sud-est de la ville de Smyrne. La qualité de ce produit varie d'une manière à peu près régulière avec la profondeur à laquelle on le trouve.

Ainsi les mines situées le plus près de la ville de Smyrne produisent l'émeri le plus convenable pour le polissage, tandis que celles qui sont plus éloignées sont surtout appropriées à la fabrication des meules. La différence qui existe entre ces deux qualités tient à ce que la première, c'est-à-dire l'émeri à polir, ne supporte pas la chaleur comme l'autre. De plus, la première a les grains ronds, tandis que l'émeri à meule a les grains plats, ce qui lui permet, lorsqu'il est mélangé à une matière agglutinante, de former des masses susceptibles d'acquérir une dureté et une résistance considérables.

La demande de plus en plus grande d'émeri a amené l'épuisement à peu près complet des mines les plus voisines de Smyrne. Les seules qui produisent encore sont celles de Cosbounar et d'Aziziel sur le chemin de fer d'Aïdin, à 80 km au sud de Smyrne. Soixante années d'exploitation ont enlevé toute la matière visible, le coût de l'extraction a doublé par le fait que l'émeri ne peut être extrait et amené à la surface qu'au moyen de travaux souterrains coûteux d'établissement et d'emploi. Les propriétaires de mines sont même en train de rechercher des gisements dans des localités plus éloignées. Le prix peu élevé sur place et les taxes excessives perçues par le Gouvernement, soit plus de 10 0/0 du prix brut, ne permettent d'exploiter l'émeri que dans des localités peu éloignées de la mer ou d'une voie ferrée, car les transports par d'autres moyens deviennent de jour en jour plus coûteux et plus difficiles. On se sert de chameaux ou d'ânes.

Les mines d'émeri les plus éloignées de Smyrne sont celles qui se trouvent près des ruines des anciennes villes de Hierapolis et Aphrodisia; elles produisent l'émeri à grain plat le plus recherché pour la fabrication des meules.

Comme on l'a indiqué plus haut, la question du transport joue un rôle capital dans le développement de la production de la matière dont nous nous occupons. Or il est à peu près impossible d'assurer des conditions de régularité suffisantes pour ce transport. En effet, la plupart des mines sont situées dans des régions montagneuses et les chameliers aiment mieux employer leurs bêtes à porter d'autres marchandises, telles que l'orge ou l'avoine, surtout dans les années où la récolte a été abondante. On se sert beaucoup moins d'ânes et de mules, dont le service est plus coûteux et qui ont beaucoup moins d'endurance que les chameaux.

Les mines d'émeri de l'Asie Mineure sont exploitées de la manière la plus primitive, la main-d'œuvre y est employée d'une façon barbare : le minerai est extrait à bras d'hommes sans le concours d'explosifs. Dans les districts de Kuluk, de Moulah et de Kuyndjak d'où viennent les plus grandes quantités d'émeri, la main-d'œuvre coûte de 6,75 à 9,40 f par tonne, tandis que dans les mines de Cosbounar, d'Aziziel et de Saraneky, le prix s'élève jusqu'à 30 et 37,50 f. La Turquie exporte par an environ 20 000 t d'émeri et l'île de Naxos 7 000. On peut admettre que 60 0/0 de cette quantité va aux États-Unis et le reste, 40 0/0, sur les marchés européens. Pendant l'année qui a pris fin au 30 juin 1907, la valeur des envois d'émeri aux États-Unis a atteint le chiffre de 1 025 000 f.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1908.

Séance générale du 24 janvier 1908. — Prix et Médailles.

Rapport de M. BACLÉ, sur le **classeur centrifuge.**

Cet appareil, perfectionné par M. Souchon, est destiné à l'enrichissement à sec des minerais, il est basé sur le principe de la différence d'accélération que prennent les diverses particules projetées à grande vitesse dans un milieu résistant qui est l'air atmosphérique. La vitesse de marche doit être réglée expérimentalement d'après la nature du minerai à traiter; de plus, le broyage doit être poussé plus loin que si on opère par lavage. Sous réserve de ces observations, le classeur centrifuge paraît susceptible d'un bon fonctionnement industriel; il présente un intérêt particulier pour le traitement des minerais pauvres dans les régions dépourvues d'eau.

Le musée allemand des chefs-d'œuvre des sciences naturelles et de la technique, par M. ED. SAUVAGE.

Il a été créé récemment à Munich, un musée réunissant les appareils, machines et modèles nécessaires pour l'étude des sciences et de l'industrie, dans le genre du Conservatoire des Arts et Métiers et du Musée de South Kensington. Ce musée a pris un développement très rapide, grâce aux efforts d'un Comité composé de sommités scientifiques et industrielles et à des dons considérables; il sera, de son installation provisoire dans les bâtiments d'un ancien musée, transféré dans de vastes constructions spécialement édifiées pour le recevoir et dont la première pierre a été posée le 13 novembre 1906, en présence de l'Empereur d'Allemagne et du Prince Régent de Bavière.

Le musée allemand. bien que de création toute récente, paraît destiné à être bientôt un des plus grands établissements de ce genre.

Sur de nouveaux aciers au chrome, par M. LÉON GUILLET.

Les aciers au chrome employés pour les outils à coupe rapide et pour les plaques de blindage contiennent des proportions de chrome qui ne dépassent pas 5 à 7 0/0 pour les premiers, et 2 0/0 pour les secondes. On fait des aciers qui contiennent jusqu'à 15 et 20 0/0 de ce métal; ils sont fabriqués à Sheffield, au four électrique; leurs caractéristiques résident dans une grande dureté après la trempe, une absence de fragi-

lité et surtout une non-déformation remarquable après trempe; cette dernière propriété a une grande importance pour la fabrication de certains outils.

Un fait à signaler est que ces aciers sont extrêmement difficiles à forger, on ne peut les laminer et ce n'est qu'avec des précautions infinies qu'on peut les marteler, car ils sont très fragiles avant d'être trempés. Aussi les emploie-t-on la plupart du temps bruts de coulée.

Étude micrographique du cuir, par M. Henri Boulanger.

L'auteur explique qu'il a été conduit à rechercher quelle pouvait être la cause des différences de résistance qu'on rencontre dans les différentes régions d'un cuir; l'examen microscopique était tout indiqué et on fut conduit à utiliser les méthodes techniques de l'anatomie microscopique.

La connaissance de l'anatomie de la peau qui forme le cuir amène à l'établissement de la théorie des modifications apportées dans la disposition naturelle des éléments constitutifs de cette peau par les diverses opérations de tannage.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous trouvons dans ces notes les sujets suivants : Transport des produits chimiques. — Relations entre les corps et leurs solvants. — Viscosité des solutions. — Sur l'ozone. — Sur la fabrication de l'acide sulfurique. — Le chlorure de chaux anhydre. — Pierres factices. — Production minière et métallurgique en 1907. — Sur le carbure d'aluminium. — Sur la synthèse de l'acide salicylique. — Sur l'amidon soluble. — Action du peroxyde d'azote sur la farine de froment. — Fabrication de la nitro-glycérine. — Solubilité de la gélatine. — Poisons organiques de plantes, leur neutralisation par certains sels, etc.

Notes de mécanique.

Nous trouvons sous cette rubrique : Théorie du microscope. — Les torsiomètres et leur application à la mesure de la puissance des turbines marines. — Destruction des goudrons dans les gazogènes. — Moteur à deux temps Da Costa. — Construction et fonctionnement des machines soufflantes commandées par des moteurs à gaz.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e fascicule de 1907.

Ponts à arcs de pierre de taille articulés à la clef et aux naissances avec joints coulés en zinc, par M. Henri Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce nouveau système, proposé par l'auteur, a été appliqué à la recons-

truction d'un pont par lequel le chemin de halage de la Saône franchit l'entrée de la gare d'eau Branla, près de Lyon. Le pont en arc surbaissé au 1/10, de 25 m d'ouverture, est formé de deux arcs en pierre de taille articulés aux naissances et à la clef au moyen de plaques et rotules d'acier et, au-dessus de ces arcs, d'une superstructure en ciment armé. On a de plus coulé dans les joints du zinc, au lieu de mortier, de manière à ne pas diminuer sensiblement la résistance de la maçonnerie. Il est bon de dire que l'emploi du zinc, qu'on peut juger inutile pour un pont d'aussi faible portée, n'a été fait qu'à titre d'essai, pour faire voir la facilité de cette application.

Des expériences préalables avaient été exécutées pour faire connaitre les résistances comparatives des joints en métal coulé, en ciment et en mortier. Les résultats ont été tout à fait favorables à l'emploi du zinc. On a trouvé, par exemple, que pour la pierre de Villebois avec laquelle a été construit le pont Branla, on pourrait faire supporter aux maçonneries avec joints de zinc une pression d'environ 160 kg, quatre fois supérieure à celle de 40 kg que pourrait supporter par centimètre carré une maçonnerie avec joints de mortier de ciment.

La dépense s'est élevée à 13 000 f soit 130 f par mètre carré de surface horizontale.

Note sur **le pont de Pyrimont,** par M. Schoendoerffer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le besoin de l'établissement d'un passage sur le Rhône, en face de la gare de Pyrimont, entre Seyssel et Bellegarde, se faisait sentir depuis longtemps, mais l'importance de l'ouvrage à créer, 200 m de longueur avec chaussée à 31 m au-dessus de l'étiage et les conditions locales en rendaient la construction difficile et coûteuse.

On mit l'ouvrage au concours en 1903, et un projet de pont en béton armé, présenté par M. de Mollins, Ingénieur de la maison Hennebique, fut adopté.

Le pont se compose de trois arcs de 51,50 m d'ouverture chacun, ayant 7,60 m de flèche et d'un demi-arc du côté du département de l'Ain exigé par la position demandée de la pile à fleur d'eau.

Les piles sont en moellons, les arcs sont continus et encastrés sur les culées; le tablier repose sur les arcs par de légères colonnettes. La largeur est de 3,74 m, dont 2,20 m pour une voie charretière et 1,54 m pour les deux trottoirs, mais il y a des rélargissements à 4,50 m sur les piles pour le croisement des véhicules. La dépense s'est élevée à 212 000 f. Le pont a été terminé en mai 1907.

Étude des grandes forces hydrauliques de la région des Alpes provençales. Compte rendu de 1905. Rapport général par M. René Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce rapport donne les résultats des opérations de jaugeage effectuées en 1905 dans les bassins de la Durance et du Var et des recherches sur la pluviométrie, la nivométrie et la glaciologie concourant à compléter l'étude des précipitations atmosphériques qui alimentent les cours d'eau.

Revêtement drainé en mortier de ciment, du réservoir de la Mouche (Haute-Marne), notice par M. Léon MOISSENET, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La digue de la Mouche barre, à 6 km de Langres, la vallée de la rivière de la Mouche pour y créer un des quatre réservoirs destinés à l'alimentation du canal de la Marne à la Saône. Cette digue à 410,25 m de longueur, elle est rectiligne, la hauteur depuis le point le plus bas de la fondation du mur d'ancrage jusqu'à la génératrice supérieure du couronnement du parapet est de 34,92 m.

Cet ouvrage présentait des fissures et donnait lieu à des suintements; il était donc indispensable d'étancher le parement amont du haut en bas et, à cet effet, de le revêtir d'un masque protecteur servant d'écran imperméable dans les parties où le parement était défectueux. Dans cet ordre d'idées, on a établi dans la partie amont des galeries horizontales ou déclives reliées par un réseau de drains verticaux, le radier de la galerie inférieure étant placé sensiblement au niveau du terrain naturel; des puits de visite munis d'échelles permettent d'aborder les galeries.

Il semble permis de dire, dès à présent que, sauf imprévu, les travaux d'étanchement ont atteint le but que l'on se proposait. La dépense totale s'est élevée à 125 f par mètre carré de surface, ce qui correspond à 3 750 f par mètre courant.

Conduites en fonte ou en acier à joint en caoutchouc et au plomb (système Gilbert). Rapport de la Sous-Commission des inventions.

Le principe du système consiste dans le remplacement de la corde goudronnée qu'on place habituellement au fond de l'espace annulaire aménagé entre les abouts des deux tuyaux consécutifs pour donner de l'élasticité au joint par une bague en caoutchouc. Cette disposition est simple et parait constituer une amélioration qu'il serait intéressant de voir entrer dans la pratique courante.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — *28 mars 1908.*

Expériences sur les pertes de calorique et de pression dans les conduites de vapeur saturée et surchauffée, par Chr. Eberle.

Progrès et nouveautés dans les organes des machines, par C. Volk.

La construction des ponts aux États-Unis d'Amérique, par F. Dircksen *(suite)*.

Expériences sur l'effet utile des pompes centrifuges et ventilateurs, par R. Biel *(fin)*.

Groupe de Berlin. — Fabrication de tubes en fer et en acier.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Installation électrique de l'imprimerie du « Strasburger Neuesten Nachrichten ».

Groupe de Hambourg. — Questions historiques modernes relatives à la machine à combustion interne.

Revue. — Statistique des automobiles dans l'empire allemand. — Expériences de recette sur deux turbines à vapeur Brown-Boveri-Parsons. — Chaudières à tubes d'eau sur navires de guerre. — Statistique des installations électriques en Allemagne. — Installations d'air comprimé pour le tunnel sous l'East-River, à New-York. — Grue établie au pont de Trieste en 1413.

N° 14. — *4 avril 1908.*

Recherches sur la propagation de l'inflammation dans les moteurs à gaz, par W. Borth.

La construction des ponts aux États-Unis d'Amérique, par F. Dircksen *(suite)*.

Expériences sur les pertes de calorique et de pression dans les conduites de vapeur saturée et surchauffée, par Chr. Eberle *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Les forces hydrauliques en Scandinavie.

Groupe de Bavière. — Les progrès de la photographie à distance.

Groupe de Posen. — La fabrique de produits chimiques par actions, anciennement Moritz Milch et C[ie], à Posen.

Revue. — Les forges et aciéries de Hanyang en Chine. — Machine à essayer les limes. — Le vapeur à turbines *Ben-my-Chree.*

N° 15. — *11 avril 1908.*

Locomotive 3/6 compound, à quatre cylindres, pour trains rapides des chemins de fer badois, par Courtin.

Expériences sur les pertes de calorique et de pression de la vapeur saturée et surchauffée, par Chr. Eberle *(suite)*.

Les moteurs à combustion interne, par P. Meyer.

La construction des ponts aux États-Unis d'Amérique, par F. Dircksen *(fin)*.

Groupe de Bavière. — Nouveaux ponts tournants. — Nouvelle source d'énergie par la chute des atomes sous l'action du radium.

Groupe de Chemnitz. — Rapports de vitesse dans les transmissions par engrenages. — Transformation du calorique en électricité.

Bibliographie. — Machines à courants continus, par E. Arnold. — L'industrie à Bromberg, par B. Bohm. — Analyses de chimie industrielle, par B. Neumann.

Revue. — Expériences de recette sur une machine compound tandem de 4 000 ch, de Van den Kerchove. — Modèle pour l'appréciation des efforts dans les constructions. — Le chemin de fer du Hedjaz. — Appareil pour l'analyse des gaz de la fabrique de moteurs de Deutz. — Roulements à billes. — Union des établissements électriques en Westphalie. — Le pont de Blackwell-Island, à New-York.

N° 16. — *18 avril 1908.*

Installations de transport de force de la Société du barrage du Rurtal, par Rasch et F. Bauwens.

Construction du nouveau théâtre municipal, à Kiel, par O. Leitholp.

Expériences sur les pertes de chaleur et de pression dans les conduites de vapeur saturée et surchauffée, par Chr. Eberle *(suite).*

Groupe de Siegen. — Les associations ouvrières et leur action dans l'industrie.

Revue. — Établissement de barrages sur l'Ohio et ses affluents. — Le magnésium dans la désoxydation de la fonte. — Moteur à naphtaline de la fabrique de moteurs de Deutz. — Les chemins de fer en Chine. — Emploi du combustible liquide dans les appareils servant aux travaux du canal de Panama. — Torpilleurs de haute mer avec moteurs à turbines pour la marine allemande.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Iᵉ SECTION

Phénomènes de la congélation des rivières. Causes de la formation de la glace intérieure fluviale, par W. Lokhtine, Ingénieur des Ponts et Chaussées (1).

L'auteur cherche à montrer, en s'appuyant sur des considérations personnelles et des expériences exécutées au fond et sur différents fleuves russes, que la théorie de Gay-Lussac sur la formation des glaces de fond est erronée.

Les phénomènes observés proviendraient de la formation, dans les sections découvertes du fleuve ou de la rivière, d'une alluvion glaciale portée le long du lit par le courant de l'eau. Ce fait serait confirmé par cette observation, qu'aux objets plongés dans l'eau l'alluvion glaciale se collerait toujours du côté tourné vers l'amont du courant, tandis que le côté opposé reste découvert.

En eau relativement calme, l'auteur déclare avoir constaté la diminution sensible de l'alluvion glacée et, en eau dormante, son absence totale.

Dans ce dernier cas, le gel se produit par la surface de l'eau.

Cette intéressante étude est assez osée, mais il semble, qu'avant de conclure à son exactitude, il conviendrait de se livrer à de nombreuses expériences complémentaires comparatives dans d'autres régions que la Russie.

L'auteur termine en émettant cet avis qu'au lieu de chercher à disloquer les champs de glace couvrant les rivières il faut, au contraire, favoriser leur formation par congélation artificielle sous peine de créer des embâcles de fond aux points d'aval, et de contrarier l'écoulement normal des eaux circulant sous les champs de glace.

La congélation artificielle consiste en matelas de rameaux de sapins reliés entre eux et immergés. Au bout de quelques heures, le matelas remonte de lui-même entouré de glaces, et obture les éclaircies du plan d'eau qui se solidifie rapidement. On peut ainsi confectionner des ponts pour le franchissement des cours d'eau aux époques hivernales.

Ce mémoire mérite de retenir l'attention des spécialistes.

M. Dibos.

(1) In-8°, 245 × 175 de 41 pages, avec 4 phot. Paris, Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, 1907.

Ve SECTION

Traité de Chimie appliquée par C. CHABRIÉ (1).

Bien que. dans son introduction, M. Chabrié, chargé du cours de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, indique que ce traité s'adresse à des chimistes et non à des ingénieurs, nous pensons que ces derniers auront un grand intérêt à lire cet ouvrage très complet et très bien rédigé, qui renferme le cours que le savant professeur fait aux élèves de l'Institut de Chimie appliquée, pendant leurs trois années d'étude. Quoiqu'en deux très forts volumes, cet ouvrage n'a pas la prétention de remplacer les ouvrages spéciaux, mais nous sommes d'avis que sa lecture servira de préparation très avantageuse aux nombreuses études spéciales traitant des industries chimiques et métallurgiques.

Dans l'introduction, M. Chabrié indique les différents instituts où l'on enseigne, en France et dans les pays de langue française, la chimie appliquée; il montre les dispositions adoptées pour les laboratoires.

Il parle des Sociétés industrielles, des brevets d'invention, de la sécurité du travail dans les fabriques; après, il fait une étude d'ensemble du matériel employé dans les industries de produits chimiques pour le transport de la force, des matériaux solides et liquides, des appareils à filtration, de triage mécanique, des appareils servant d'agitateurs, servant au découpage, au lavage, au lessivage, des appareils d'évaporation, de distillation, des presses, des filtres à vide, des appareils d'extraction, de chauffage. Un chapitre spécial s'occupe du chauffage industriel et des fours à gaz, un autre de l'étude de l'eau au point de vue industriel, des procédés chimiques et physiques d'épuration, enfin des procédés pour se débarrasser des eaux usées.

Voici maintenant énumérées les industries que M. Chabrié étudie:

Grandes Industries chimiques. — Industrie de l'Acide sulfurique. — Les Phosphates et les Superphosphates. — Sulfates d'Alumine et Vitriols. — Les composés de la Soude, Borax. — Industrie du Chlore-Brome-Iode. — Industries des Composés du Potassium. — Métallurgie. — Les Métaux alcalins. — Les Métaux alcalinoterreux. — Magnésium. — Zinc. — Aluminium. — Nickel. — Métallurgie du Fer. — Métallurgie au four électrique. — Composés métallurgiques préparés au four électrique. — Métallurgie du Plomb. — Métallurgie du Cuivre. — Métallurgie du Mercure. — Métallurgie de l'Argent. — Métallurgie de l'Or. — Arsenic, Antimoine, Bismuth, Étain, Platine, Iridium. — Chaux. Mortiers, Ciments. — Combustibles. — Composés ammoniacaux.

Industries fondées sur la saponification des corps gras. — Savons, Glycérine, Chandelle, Bougie. — Industrie Sucrière.

(1) 2 volumes in-8°, 250 × 160 de xxxix — 876 p. avec 263 — vi fig. et de x — 717 p. avec 213 fig. Paris, Masson et Cie, 120, boulevard Saint-Germain, 1905-1908. — Prix : relié, 22 f chaque volume.

Dans le second volume, voici les matières étudiées : Verrerie. — Pierres précieuses. — Notions de céramiques. — Matières colorantes employées en peinture. — Fabrication de l'alcool. — Industrie du travail des peaux. — Fabrication des encres. — Notions élémentaires sur les méthodes et les produits chimiques utilisés en photographie. — Produits pharmaceutiques. — Industries du papier. — Industrie du caoutchouc. — Les produits alimentaires. — Fabrication de quelques produits : Acides extraits du goudron de houille. — Huiles essentielles, Parfums naturels et artificiels. — Notions élémentaires sur les matières colorantes organiques. — Notions sur la teinturerie et l'impression des matières textiles.

Le second volume se termine par « les documents statistiques sur les importations et les exportations des produits chimiques français ». Ces renseignements fournis par l'administration des Douanes sont des plus intéressants à consulter.

Paul BESSON.

Analyse chimique industrielle, ouvrage publié sous la direction de G. LUNGE, professeur au Polytechnicum de Zurich, avec la collaboration de techniciens et de spécialistes, traduit de l'allemand par Em. CAMPAGNE, ingénieur-chimiste. — *2e vol. : Industries organiques* (1).

Le traité d'analyse chimique, dont le second et dernier volume vient de paraître, est une traduction partielle de l'important ensemble des travaux de G. LUNGE, réunis en trois tomes sous le titre de *Chemisch-technische Untersuchungs methoden*. Les chapitres contenus dans le premier volume de la traduction française étaient extraits des deux premiers tomes de l'édition allemande : le second volume est tiré du troisième tome et réservé aux industries organiques.

Chacune des monographies de l'ouvrage a été confiée à un technicien spécialiste : un même plan général d'études comporte, pour les différentes industries envisagées, une forme identique de développement, savoir: 1° l'analyse des matières premières ; 2° le contrôle des différentes phases de la fabrication ; 3° l'essai des produits fabriqués. Une disposition générale adapte les méthodes scientifiques les plus récentes, et surtout les plus pratiques, au travail du laboratoire en vue de contrôler et de régler la marche des opérations de l'usine.

Les différents chapitres, traités dans l'ouvrage, sont :

Les huiles minérales, par D. HOLDE ;
Les huiles, graisses et cires, l'industrie des corps gras, par J. LEWKOWITSCH ;
Le caoutchouc, par F. FRANCK et F. MARCKWALD ;
Les huiles essentielles, par F. GILDEMEISTER ;
L'industrie du sucre, par O. VON LIPPMANN ;
L'amidon, par C. von ECKENBRECKER.
Les matières tannantes et le cuir, par C. COUNCLER et J. PAESSLER ;
Le papier, les encres, par W. HERSBERG et O. SCHLUTTIG ;
Les acides tartrique et citrique, par H. RASCH ;
Les matières colorantes organiques, par R. GNEHM.

(1) In-8° 255 × 165 de 904 p. avec 118 fig. Paris VIe, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1908. Prix : broché, 27,50 f.

La traduction de M. Em. Campagne, ancien élève de l'Institut Chimique de Nancy, est d'une grande clarté, et l'ouvrage de G. Lunge, ainsi complété, obtiendra auprès des industriels français le succès qu'il a eu en Allemagne. Ed. C.

La pratique de la désinfection départementale (application de la loi du 15 février 1902). **Organisation du service départemental de la désinfection en surface,** par le docteur A. Follet, professeur à l'École de médecine de Rennes, membre du Conseil départemental d'hygiène (1).

Officiellement chargé d'organiser et de contrôler le *service de désinfection* en Ille-et-Vilaine, M. le docteur Follet soumit au Conseil général de ce département un projet qui fut adopté en août 1907.

Le nouveau service fonctionne depuis le 1er mars 1908; il est bien étudié et paraît fort pratique. Le docteur Follet, satisfait à juste titre des résultats obtenus, a publié cette brochure pour vulgariser sa méthode; il décrit successivement le matériel du poste de désinfection, le moyen de transport, le fonctionnement du service, le contrôle, la propagande régionale, le budget, les désinfecteurs employés, etc. Il donne aussi les divers modèles d'imprimés utilisés pour le service.

Ainsi on trouve réunis dans cet ouvrage une foule de renseignements pratiques et de notions d'hygiène qui doivent être partout répandues aujourd'hui.

Nous croyons donc que le travail de M. le docteur Follet pourra être consulté avec fruit par tous les hygiénistes, et, en particulier, par les fonctionnaires des départements où le service de désinfection n'est pas encore complètement organisé. E. L.

Le devoir social des patrons et les obligations morales des ouvriers et employés, par Mme J.-P. Razous (1).

Les entreprises industrielles ou commerciales dont Mme Razous s'occupe directement ou dans lesquelles elle a des intérêts lui font approcher de très près et à tous les instants les ouvriers et employés.

Ces rapports continuels lui ont démontré que si, d'une part, les patrons tentaient de se rapprocher de la famille ouvrière et si, d'autre part, les employés ne considéraient pas le capital comme l'éternel ennemi, il serait possible d'endiguer le flot envahissant du socialisme révolutionnaire. Aussi a-t-elle passé en revue, dans l'ouvrage ci-dessus signalé, les obligations morales respectives des patrons et des ouvriers, dont l'appli-

(1) In-8° 230 × 145 de 156 p. avec 5 pl. Paris VIe, H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins. Prix: 3,50 f.

(1) In-16, 190 × 120 de 224 pages. Paris, Société d'Éditions Techniques, 16, rue du Pont-Neuf, 1908. Prix, broché : 3,50 f.

cation éviterait certainement tout bouleversement capable de suspendre la marche régulière et paisible des entreprises.

Dans la première partie de cette étude, elle indique les mesures à prendre par les patrons, tant pour solidariser leur intérêt avec celui de leurs ouvriers que pour amener la confiance et le respect réciproques, nécessaires l'un et l'autre au maintien de la prospérité industrielle et commerciale.

La seconde partie développe les obligations morales des ouvriers et employés, notamment en ce qui concerne l'établissement des salaires et le contrat de travail, la salubrité des ateliers et l'hygiène personnelle, la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, la participation aux caisses de retraites ou de secours subventionnées par les patrons, la solution amiable des conflits, etc.

Le livre dont il s'agit intéresse donc tous les industriels et commerçants, sans exception.

Les industries insalubres, *établissements classés*, par Fr. Coreil, directeur du bureau d'hygiène de Toulon, et L. Nicolas, chef de bureau à la préfecture du Var (1).

MM. F. Coreil et Nicolas ont réuni dans cet ouvrage tous les documents et renseignements relatifs aux *Établissements classés*, et ils ont fait ainsi un travail fort utile. C'est un guide administratif et technique très bien compris et très complet ; on peut en juger par le simple exposé des matières contenues :

La première partie traite de la législation ;

La seconde, des formalités à remplir pour ouvrir un établissement classé ;

La troisième, des inconvénients des industries insalubres et des moyens de défense ;

La quatrième, des industries soumises à un régime spécial ;

La cinquième est une monographie très complète des établissements classés ;

La sixième s'occupe de l'hygiène et de la sécurité des travailleurs ;

La septième comprend le régime des eaux et divers cas particuliers.

Nous croyons donc que cet intéressant ouvrage a sa place marquée chez tous ceux qui à un titre quelconque s'occupent des établissements dangereux, insalubres et incommodes.

On nous permettra une simple observation : ce livre parait à un moment où les règlements qu'il énumère et qu'il étudie vont peut-être recevoir de nombreuses et importantes modifications (Projet de loi, Chautemps soumis actuellement au Sénat). E. L.

(1) In-8°, 255 × 165 de VIII-778 p. Paris, VI°, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands Augustins, 1908. Prix : broché, 15 f.

Développement et progrès de la fabrication du malt pendant les quarante dernières années, par Ed. Eckenstein, Président du Conseil d'administration de la Société anonyme de Malterie Franco-Suisse (1).

L'industrie de la bière a fait, dans la seconde moitié du xix[e] siècle, des progrès considérables, et si les méthodes du brassage proprement dit ont réalisé peu de perfectionnements, la préparation du malt, celle des levains purs et la fermentation des moûts, ont du moins subi des modifications profondes.

C'est seulement l'évolution du maltage que met en valeur l'ouvrage de M. Eckenstein.

Le trempage de l'orge, précédé du nettoyage et du triage de cette céréale, fait l'objet d'une étude étendue (appareils Bothner, Doornkaat, Schaeffer et Fischer) à laquelle succède celle de la germination proprement dite. Mettant en parallèles le maltage à la pelle, qui réclame un personnel très expérimenté, et celui procédant mécaniquement par les appareils de Grüber, de Galland ou de Saladin, l'auteur résume les avantages des malteries pneumatiques ou mécaniques, et décrit les installations principales de ces deux systèmes.

Passant enfin au séchage du malt vert, M. Eckenstein fait une revue rétrospective des anciennes tourailles, compare les chauffages à feu nu et à vapeur, étudie le retournement mécanique et le touraillage pneumatique.

Cet ouvrage, bien conçu et présenté, est l'œuvre d'un technicien éclairé et sera consulté avec profit.

Les découvertes modernes en physique, *leur théorie et leur rôle dans l'hypothèse de la constitution electrique de la matière*, par O. Manville, docteur ès sciences.

Nous avons eu l'honneur de traiter devant la Société des Ingénieurs Civils un sujet analogue en 1906, *Le quatrième état de la matière*. M. Manville s'inspirant des ouvrages publiés par la Société Française de Physique, sous la direction de MM. Abraham et Langevin : *Les quantités élémentaires d'électricité*. « Ions, électrons et corpuscules » ; de la conférence de Leodge *Sur les electrons*; enfin, de l'ouvrage de M. Righi, traduit par M. Néculcea : *La théorie moderne des phénomènes physiques*, a rédigé un très intéressant ouvrage où il a développé les méthodes de mesures et les études faites sur la question. Ceux de nos collègues qui se sont intéressés à nos trois communications sur *Le radium* et *La radioactivité* et à celle sur *Le quatrième état de la matière*, trouveront dans cet ouvrage une exposition très claire et très complète des recherches physiques de ces

(1) In-4°, 270 × 205 de 212 p. avec 64 fig. A. Hermann, 6, place de la Sorbonne, 1908. — Prix : broché, 5 f.

dernières années, que nous n'avons pu que résumer dans nos communications.

Nous ne saurions engager nos collègues, quelle que soit leur spécialité, à étudier sommairement ces questions; comme le disait fort bien M. le Président Hillairet : « il y a là une mécanique nouvelle qu'il sera impossible d'ignorer dans quelques années sous peine de ne pas comprendre bien des choses ».

L'ouvrage de M. Manville comble une lacune, nous sommes heureux de l'en féliciter.

Paul Besson.

La vinerie, par E. Barbet (1).

M. Barbet, dans cette brochure, a complété la remarquable communication qu'il a présentée, en 1906, devant la Société des Ingénieurs Civils de France. On y retrouvera toutes les qualités de clarté et de documentation, le style aussi élégant que la parole de l'éminent Vice-Président de notre Société.

M. Barbet commence par préconiser l'installation de vineries; cela serait une industrie agricole analogue à la brasserie, la distillerie, la sucrerie, l'huilerie. Dans ces usines, on améliorera les jus et on surveillera la fermentation, en utilisant la pasteurisation et les levures sélectionnées. Ces opérations seront conduites scientifiquement. Grâce à un mutage à l'acide sulfureux, on pourra conserver les jus longtemps et on travaillera toute l'année; de ce fait, la vinerie aura besoin d'une installation moins importante que s'il était nécessaire d'opérer seulement pendant la période des vendanges. En conduisant la fermentation d'une certaine façon, on pourra obtenir des vins blancs avec des moûts rouges.

En concentrant les moûts au début, il sera inutile, dans les années à maturité défectueuse, de viner ou de sucrer les vins pour augmenter leur degré. Les vins doux, les mistelles, les champagnes et les jus de tempérance pourront être facilement préparés, d'une manière parfaitement loyale et avec toutes les garanties de conservation.

Les viticulteurs pourront constituer des vineries agricoles et des vineries centrales.

Le procédé préconisé par M. Barbet est parfait au point de vue technique; peut-être sera-t-il appliqué avantageusement dans de grandes exploitations méridionales où l'on obtient actuellement des boissons imbuvables et invendables; on y obtiendra un liquide fermenté suivant la règle, sans doute plus ou moins agréable à boire, que l'on pourra appeler vin, de même que l'on désigne sous le nom d'eau-de-vie certains alcools d'industrie.

Au moment de la communication de M. Barbet, j'ai formulé de nombreuses objections économiques et je persiste à croire que loin de

(1) In-8°, 225 × 140 de 91 pages, avec figures. Paris, A. Davy, 52, rue Madame, 1907.

diminuer la mévente des vins, la mise sur le marché d'une grande quantité de vins améliorés ne pourra que nuire aux bons vins naturels. Il est plus que probable que les viticulteurs qui tiennent, dans beaucoup d'endroits, à leur cru, demanderont que les vins de vinerie portent un nom spécial, sans qu'il leur soit possible de concurrencer les vins de fermentation naturelle.

Paul Besson.

VIe SECTION

Aide-Mémoire du mécanicien et de l'électricien (*Construction mécanique, électrique, automobile*), par un groupe d'Ingénieurs, sous la direction de Paul Blancarnoux, Ingénieur civil (1).

En plus des formules courantes et des détails nécessaires à la construction des appareils essentiels, qu'on rencontre dans tous les aide-mémoire, les auteurs ont réuni dans cet ouvrage les indications indispensables à l'essai, à la conduite et à l'entretien des générateurs et moteurs actuels.

La simple énumération des chapitres donnera une idée approximative quoique forcément incomplète de cet intéressant volume, très compact et documenté :

Mathématiques usuelles. — Physique et électricité. — Mécanique générale. — Machines motrices. — Chaudières modernes. — Machines à vapeur. — Moteurs à gaz et à pétrole. — Machines électriques. — Génération et transformation. — Piles et accumulateurs. — Éclairage et transport. — Appareils moteurs. — Transmission et réception. — Voitures automobiles.

P. S.

L'éclairage électrique économique. — *Les nouveaux modes d'éclairage électrique* (1), par M. A. Berthier, Ingénieur.

Cet ouvrage comprend cinq parties principales : la première expose les notions générales relatives à l'éclairage et à la photométrie; la seconde est consacrée aux nouvelles lampes à arc à air libre ou en vase clos; la troisième est relative aux progrès de l'incandescence; la quatrième traite la question des lampes à vapeur de mercure; enfin la cinquième partie ébauche une étude comparative des divers modes d'éclairage électrique; elle gagnerait à être plus précise, de façon à permettre au consommateur de faire un choix parmi les nombreuses solutions que présente aujourd'hui l'électricité.

A. L.

(1) In-16, 155 × 100 de xv-38 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins 1908. Prix, relié : 6 f.

(1) In-8°, 255 × 165 de 270 p. avec 105 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1908. Prix, broché : 9 f.

État actuel de la science électrique (1), par DEVAUX-CHARBONNEL, Ingénieur des Télégraphes.

Dans ce très intéressant ouvrage, l'auteur, professeur à l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, a réuni tout l'ensemble des théories et des études expérimentales qui peuvent composer un cours d'électricité générale, plus spécialement à l'usage des personnes s'occupant de télégraphie ou téléphonie.

Dans la première partie, il fait revoir les premiers principes et lois de l'électricité, en partant du magnétisme pour passer aux phénomènes thermiques et chimiques, et terminer par l'induction et l'électrostatique. L'ordre, ainsi adopté, surprend tout d'abord, mais à l'étude on constate les avantages de cette méthode; l'explication des phénomènes se poursuit naturellement sans exiger d'importantes connaissances mathématiques.

Les autres parties de ce traité qui comprennent, l'une l'étude des Applications, et l'autre les Théories, font l'originalité de cet ouvrage.

Dans les Applications, le calcul des lignes, traité plus particulièrement au point de vue de la télégraphie et de la téléphonie, contient une documentation très intéressante sur les capacités et les coefficients d'induction des lignes. La recherche des harmoniques, les lois de la transmission des signaux, et les phénomènes dus aux influences étrangères, sont autant de questions très développées.

M. Devaux-Charbonnel donne de nombreux résultats de ses travaux personnels; il montre tout ce qu'on peut attendre des expériences oscillographiques pour l'étude des appareils télégraphiques; et, ainsi présenté, tout cet ensemble intéressera les Ingénieurs qui ont à étudier les phénomènes de même ordre dans les exploitations à haute tension désormais si répandues.

La télégraphie sans fil, la téléphonie sans fil, avec les propriétés du Sélénium et les courants à haute fréquence, font elles-mêmes l'objet de chapitres de vulgarisation qui résument l'état actuel de ces nouvelles découvertes avec leurs derniers progrès. Quelques pages sont consacrées aux effets physiologiques des courants de haute fréquence, aux expériences de Hertz, Tesla et d'Arsonval.

Enfin, dans la troisième partie de l'ouvrage, réservée aux Théories, l'auteur expose toutes les récentes études sur les propriétés des ions et des électrons. Après avoir rappelé les lois de Maxwell et toutes ses hypothèses sur l'induction, il passe à l'étude du mécanisme de l'électrolyse, des rayons cathodiques, pour arriver aux rayons de Rœtgen et de Becquerel. Les phénomènes de radioactivité avec leurs influences à distance se trouvent ainsi intimement liés aux phénomènes électriques, et on voit par là le grand horizon qu'offre encore l'électricité à la spéculation.

Les propriétés des ions dans les vapeurs et dans les gaz sont longue-

(1) In-8°, 255 × 165 de x-650 pages, avec 346 fig. Paris, H. Dunot et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, 1908. Prix : broché, 20 f.

ment détaillées; les hypothèses sur la charge atomique et les dimensions des atomes s'en déduisent.

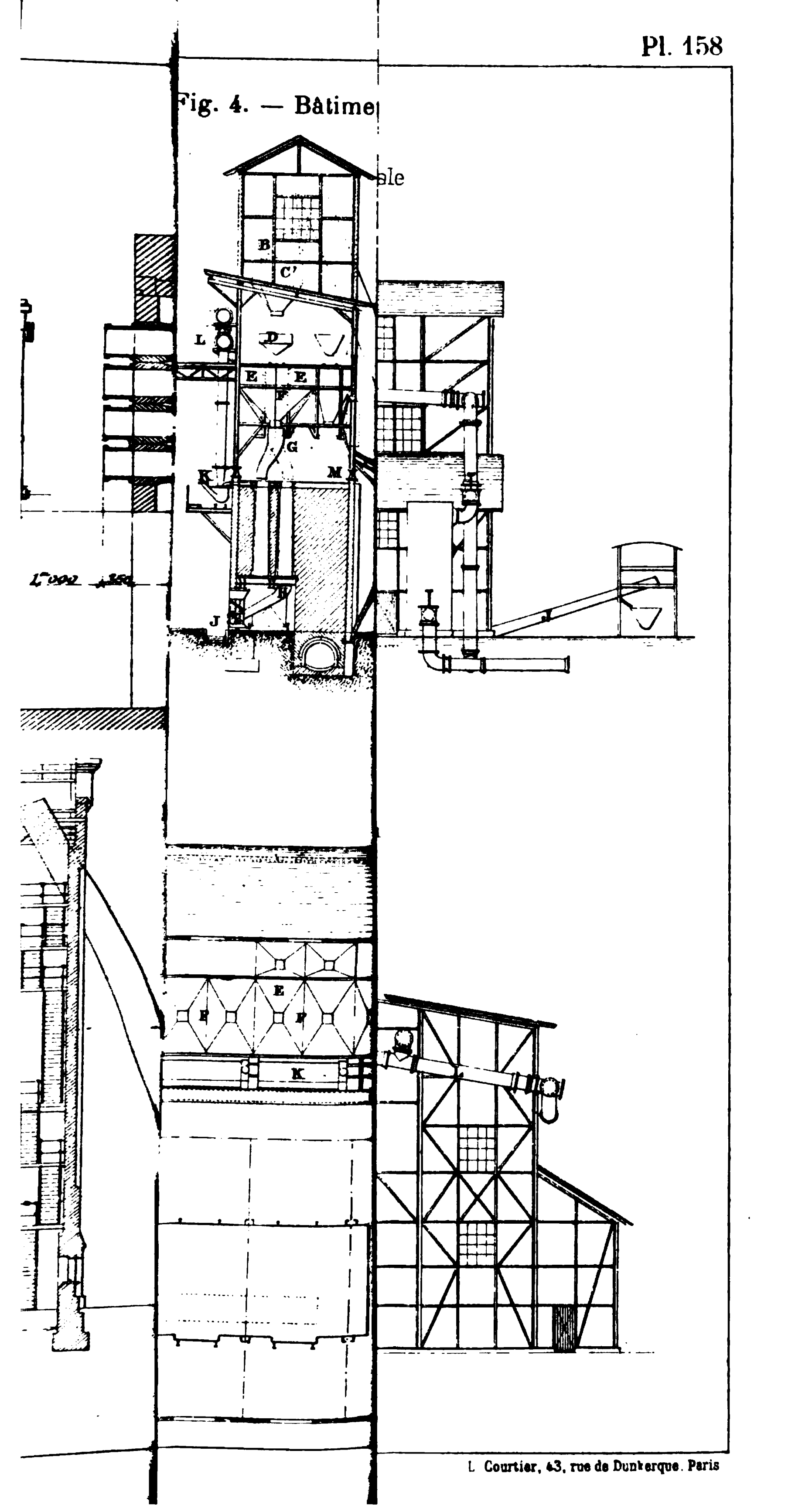
Quelques pages, qui donnent des applications de ces théories aux phénomènes connus d'ionisation, de conductibilité, etc., complètent très heureusement cette dernière partie de l'ouvrage.

En résumé, l'ouvrage de M. Devaux-Charbonnel, qui, comme son titre l'indique, traite surtout de spéculation, n'en présentera pas moins un grand intérêt pour les techniciens; car, d'une vulgarisation très heureuse, il permet sans grands efforts de se mettre au courant des récents progrès de la science électrique.

L. L.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 9164-4-08. — (Encre Lorilleux)



L Courtier, 43, rue de Dunkerque. Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1908

N° 5.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Razous (P.). — *Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles. Épuration et utilisation*, par Paul Razous (in-8°, 255 × 165 de xv-192 p., avec 29 fig.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1908. (Don de l'éditeur.) 45374

Chemins de fer et Tramways.

Chambre Syndicale des Fabricants et des Constructeurs de matériel pour Chemins de fer et Tramways. Annuaire 1908 (in-8°, 220 × 135 de 579-18-xvi p.). Paris, 63, Boulevard Haussmann. 45376

Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia for the Year ended September 30, 1907 (in-8°, 255 × 165 de 48-cviii p.). Halifax N. S., Commissioner of Public Works and Mines, King's Printer, 1908. 45377

Statistique des Chemins de fer Français au 31 Décembre 1905. Documents divers. Première partie. Intérêt général. France, Algérie et Tunisie (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer (in-4°, 315 × 240 de 406 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1907. 45373

Thirteenth Annual Report of the Boston Transit Commission, for the Year ending June 30, 1907 (in-8°, 235 × 150 de 66 p., avec pl.). Boston, E. W. Doyle, 1907. 45379

Twelfth Annual Report of the Boston Transit Commission, for the Year ending June 30, 1907 (in-8°, 235 × 150 de 69 p., avec pl.). Boston, E. W. Doyle, 1907. 45378

Chimie.

GREBEL (A.). — *Du graissage, des huiles à graisser et des appareils de graissage*, par A. Grebel (in-8°, 275 × 185 de 73 p., avec 25 fig.). (Don de l'auteur.) 45365

PÉCHEUX (H.). — *Le cuir, les os, l'ivoire, la corne, l'écaille, la nacre et les perles, le corail*, par H. Pécheux (Encyclopédie technologique et commerciale. — V. Les Produits industriels animaux et végétaux. N° 18.) (in-16, 185 × 130 de 96 p., avec 31 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1908. (Don des éditeurs.) 45364

Construction des machines.

Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section Française. Exercice 1906 (31e année) (in-8°, 270 × 180 de 103 p., avec 5 tabl. et 1 pl.). Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1908. 45363

La Turbine à vapeur, Système Brown-Boveri-Parsons. Février 1908. Compagnie Électro-Mécanique, Le Bourget (Seine) (in-4°, 285 × 225 de 123 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don de la Compagnie Électro-Mécanique.) 45393

Éclairage.

Répertoire des industries : Gaz et Électricité. Édition 1908, Maurice Germain, Directeur (in-18, 185 × 115 de 704 p.). Paris, 7, Rue Geoffroy-Marie. 45375

Économie politique et sociale.

AVEBURY (LORD) (SIR JOHN LUBBOCK). ELLISSEN (R.). — *Les Villes et l'État contre l'Industrie privée* (Expériences Municipales et Nationales), par Lord Avebury (sir John Lubbock). Traduit de l'anglais par Robert Ellissen (in-8°, 225 × 145 de 196 p.). Paris, Arthur Rousseau, 1908. (Don de M. Ellissen, M. de la S.). 45386

Rapports sur l'application des lois reglementant le travail en 1906 (Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale, Direction du Travail) (in-8°, 235 × 150 de CCXVIII-560 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1907. 45394

Électricité.

HOSPITALIER (E.). ROUX (G.). — *E. Hospitalier. Formulaire de l'Électricien et du Mécanicien. 22e année, 1908*, par Gaston Roux (in-16, 185 × 115 de xv-985 p.). Paris, Masson et Cie. (Don des éditeurs.) 45384

SARTORI (G.). MONTPELLIER (J.-A.). — *La technique pratique des courants alternatifs*, à l'usage des Électriciens, Contremaîtres, Monteurs, etc., par Giuseppe Sartori. Deuxième édition française traduite de l'italien, revue et complétée, par J.-A. Montpellier. *Tome premier. Exposé élémentaire et pratique des Phénomènes du courant alternatif* (in-8°, 255 × 165 de x-506 p., avec 255 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45391

SCHILS (J.). — *Installations téléphoniques. Notions spéciales d'Électricité. Description et fonctionnement des appareils. Montage des postes d'abonnés et des postes centraux. Guide pratique*, par J. Schils (in-8°, 205 × 130 de 270 p., avec 187 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45404

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Bulletin de la Société Géologique de France. Table générale des Tomes I à XX de la Troisième Série (1872-73 à 1892) rédigé par G. Malloizel et vérifié par Emm. de Margerie (in-8°, 250 × 160 de 420 p.). Paris, Au Siège de la Société Géologique de France, 1905. 45367

Législation.

Annuaire de l'Association Internationale pour la protection de la propriété industrielle. 11e année. 1907. Réunion de Dusseldorf (5-8 septembre 1907) (in-8°, 230 × 150 de xxxix-130 p.). Paris, H. Le Soudier, 1908. 45370

Société Internationale des Électriciens. Annuaire pour 1908. Supplément au Bulletin mensuel n° 74. 2e série. Avril 1908 (in-8°, 275 × 180 de 128 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1908. 45386

Métallurgie et Mines.

NICOLARDOT (P.). — *Industrie des Métaux secondaires et des Terres rares*, par Paul Nicolardot (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque des Industries chimiques, Directeur : M. Juvénal Derôme) (in-18, 185 × 115 de VIII-VII-435-XII p., avec 37 fig.). Paris, Octave Doin, 1908. (Don de l'éditeur.) 45397

OBALSKI (J.). — *Opérations minières dans la province de Quebec pour l'année 1907*, par J. Obalski (Département de la Colonisation. des Mines et des Pêcheries) (in-8°, 235 × 165 de 63 p., avec 1 carte et 10 phot.). Québec, Charles Pageau. 45402

RATEL (C.). — *Préparation mécanique des Minerais*, par C. Ratel (in-8°, 255 × 165 de 574 p., avec 190 fig. et 11 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45385

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

RIBIÈRE (C.). — *Phares et Signaux maritimes*, par C. Ribière (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie. Directeur, M. d'Ocagne, (in-18, 185 × 115 de x-405-xii p., avec 161 fig.). Paris, Octave Doin, 1908. (Don de l'éditeur). 45398

Société Anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles. Onzième exercice social. Année 1907. Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale du 14 mai 1908 (in-8°, 305 × 235 de 47 p., avec 3 diagrammes). Bruxelles, Imprimerie Xavier Havermans, 1908. 45388

Physique.

LOKHTINE (W.). — *Phénomènes de la congélation des rivières. Causes de la formation de la glace intérieure fluviale*, par W. Lokhtine (in-8°, 245 × 175 de 41 p.. avec 4 phot.). Paris, Ch. Béranger, 1907. (Don de l'auteur et de l'éditeur.) 45403

Sciences mathématiques.

NIVET (A.). — *Méthode de Calcul du Béton armé avec Barêmes pour en déterminer les dimensions*, par A. Nivet (in-8°, 255 × 165 de ii-168 p., avec 28 fig. et nombreux tableaux). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45387

PIGEAUD (G.). — *Ponts métalliques. Méthodes de calcul*, par G. Pigeaud (Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie. Directeur, M. d'Ocagne) (in-18, 185 × 115 de x-422-xii p., avec 75 fig.). Paris, Octave Doin, 1908. (Don de l'éditeur.) 45399

Sciences morales. — Divers.

DWELSHAUVERS-DERY (V.). — *Nécrologie. Georges Duchesne*, par V. Dwelshauvers-Dery (Extrait de la Revue de Mécanique, N° de Mars 1908) (in-4°, 320 × 225 de 12 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.). 45389

Technologie générale.

Annuaire pour l'an 1908, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des Notices scientifiques (in-16, 100 × 90 de VI-760; A-72; B-48; C-12; D-18; E-7; F-41 pages). Paris, Gauthier-Villars. 45369

BELLET (D.). — *Les meilleures Recettes pratiques*, par Daniel Bellet. Première partie : La Vie domestique. — Deuxième partie : La Ferme et le Château. — Troisième partie : Recettes, Formules, Tours de mains des Arts et Métiers (3 volumes in-16, 175 × 125 de 247 p., 224 p., et de 176 p.). Bibliothèque des Actualités industrielles, Nos 129, 130 et 131). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'auteur, M. de la S., et de l'éditeur.) 45380 à 45382

Congrès des Applications de l'Alcool dénaturé, 16 au 23 Décembre 1902. Rapports et Comptes rendus, publiés sous la direction de M. Michel Lévy et de M. Gustave Rives (in-8°, 275 × 175 de 372 p., avec 118 fig.). Paris, Automobile Club de France, 1903. (Don de M. L. de Chasseloup-Laubat, M. de la S.) 45395

Conservatoire National des Arts et Métiers. 1905 et 1906. Rapport général du Conseil d'administration du Conservatoire National des Arts et Métiers sur l'état du Conservatoire, le fonctionnement des services et des résultats de l'enseignement (Application de l'article 15 du décret organique du 19 mai 1900). M. A. Liébaut. rapporteur (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 245 × 160 de 32 p. et de 21 p.). 45371 et 45372

Deuxième Congrès des Emplois industriels de l'Alcool, du 20 au 25 Novembre 1907. Comptes rendus des Séances et Rapports (in-8°, 275 × 175 de 266 p., avec 7 pl.). Paris, Automobile-Club de France, 1907. (Don de M. L. de Chasseloup-Laubat, M. de la S.)

LOMBARD (J.). — *Manuel de l'Ouvrier tourneur et fileteur*, par Joanny Lombard (Deuxième édition, revue et augmentée) (in-8°, 215 × 185 de 232 p., avec 204 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45405

Repertorium der Technischen Journal-Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1905 (in-8°, 285 × 195 de LXIX-1566 p. à 2 col.). Berlin, Carl Heymans, 1906. 45400

Repertorium der Technischen Journal-Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1906 (in-8°, 285 × 195 de LXIX-1695 p. à 2 col.). Berlin, Carl Heymans, 1907. 45401

Travaux publics.

Annuaire du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Service des Travaux publics. Années 1907-1908 (in-8°, 220 × 135 de 846 p.). Paris, E. Bernard, 1907-1908. 45368

BAUDET (L.). — *Filtration des Eaux alimentaires. Filtres à sable non submergé*, par Louis Baudet (in-8°, 255 × 165 de 45 p., avec 7 pl.). Paris, H. Dunod et Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45392

DARTEIN (F. DE). — *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration antérieurs au XIXe siècle*, par F. de Dartein. *Volume III. Ponts Français du XVIIIe siècle : Languedoc* (in-4°, 330 × 250 de xv-211 p., avec 47 pl. et 6 fig.). Paris, Ch. Béranger. 1908. (Don de M. A. Brüll, M. de la S., de la part de l'auteur.) 45383

FRANÇOIS (C.-H.). — *Guide du Charpentier*. Traité pratique de Charpente et de Construction à l'usage des jeunes gens se préparant aux différents métiers du Bâtiment, par C.-H. François (in-18, 185 × 120 de xvi-414 p., avec 402 fig.). Paris, Garnier frères. 1908. (Don des éditeurs.) 45380

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1908sont :

Comme Membre d'Honneur, M. :

Voisin-Bey, présenté par MM. Reumaux, Barbet, Bergeron.

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

L. Baumann,	présenté par MM.	Marconnet, Regnault, Pirani.
G.-A.-A. Bénard,	—	P. Buquet, Hegelbacher, F. Delmas.
L.-Ch. Bosch-Labrus,	—	Cornet y Mas, De Guillen Garcia, P. Garcia Faria.
P. Breuil,	—	P. Buquet, G. Richard, Vaslin.
F. Cambessèdes,	—	Reumaux, Bergeron, Brüll.
P.-J.-A. Chaleil,	—	Reumaux, Champin, Demenge.
A.-L. Desgorces,	—	De Fréminville, H. Chevalier, Borne.
A.-P.-J.-H. Galtier,	—	J. Hersent, G. Hersent, Brueder.
A. Garcia Font,	—	Cornet y Mas, De Guillen Garcia, Garcia Faria.
A.-M.-A. Grebel,	—	Brunet, P. Mallet, Savy.
A.-D.-M.-F. Grosdemouge,	—	Merklen, E. Vallot, Beaugrand.
F.-V.-A. Guitton,	—	Ronceray, Casalonga, Algrin.
R. Henrique,	—	Faullain de Banville, A. Mallet, de Dax.
E.-L.-J. Laignelet,	—	Dutard, Ansaldy, Brunet,
L.-E.-P.-. de Seynes,	—	Calmettes, F. Clerc, Gall.
E.-M.-Ch. Thiéry,	—	Reumaux, Couriot, Bousquet.
R.-M. Thétier,	—	G. Armengaud, P. Delaporte, Godard-Desmarest.

Erratum au Bulletin de Février 1908, page 248, quinzième ligne :

Au lieu de 3,035 le kilowatt, il faut lire 0,035 f soit 3,5 centimes le kilowatt.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er MAI 1908

Présidence de M. E. Barbet, Vice-Président.

Avant d'ouvrir la séance, M. E. Barbet annonce que M. lo Président Reumaux, très fatigué, l'a prié de l'excuser et de le remplacer.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître les décès de MM. :

E. A. Ameline, ancien Élève de l'École Centrale (1856), Membre de la Société depuis 1864, Ingénieur honoraire de la Compagnie des Chemins de fer do l'Ouest, Chevalier de la Légion d'honneur.

G. P. Arachequesne, ancien Élève de l'École Centrale (1877), Membre de la Société depuis 1901, Ingénieur-Conseil en distillerie, sucrerie, etc., Secrétaire général de l'Association pour l'emploi industriel de l'alcool.

J. G. Chaves, ancien Élève de l'École Polytechnique de Rio-de-Janeiro, Membre de la Société depuis 1898, Lieutenant-Colonel honoraire, Administrateur de la Société belge des Mines de cuivre du Camaquam et Directeur de la Compagnie « Rio Grandense de Illuminaçao à gaz ».

A. Guétin, ancien Élève de l'École Centrale (1891), Membre de la Société depuis 1899, Entrepreneur de travaux publics au Caire, Constructeur de stations sanitaires en mer Rouge et travaux en ciment armé ; M. Guétin a été le collaborateur de M. Charvaut pour l'érection du Phare du Sanganeb.

P. Letalle, Membre de la Société depuis 1880 ; a été Ingénieur à la Maison Cail et à la Compagnie de Fives-Lille, représentant en Turquie de Sociétés françaises de construction et Directeur de l'exploitation de la Compagnie des Eaux de Constantinople.

L. de Longraire, ancien Élève de l'École Centrale (1855), Membre de la Société depuis 1859, a été Ingénieur au chemin de fer du Nord et à la Compagnie des Chemins de fer du Sud Autrichiens-Lombards-Vénitiens et de l'Italie Centrale. M. de Longraire a fait à la Société plusieurs communications parmi lesquelles celles sur les chemins de fer en Italie, la raideur des cordages et sur les Séismes et volcans et il prit part à de nombreuses discussions en séance.

O. Maggiar, Membre de la Société depuis 1893, Administrateur délégué de la Compagnie Française des Mines du Laurium et de la Société des Mines du Bou-Thaleb.

A.-J.-L. Moreau, ancien Élève de l'École des Beaux-Arts, Membre de la Société depuis 1885, Architecte et Entrepreneur de constructions métalliques, Expert près la Justice de Paix du Xe arrondissement.

M. le Président adresse aux familles de ces regrettés collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société tout entière.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. H. Pichot.

Officiers d'Académie : MM. R. Bigot et A. de Romeu.

Chevalier du mérite agricole : M. J.-B. Vidal.

M. G. Canet, ancien Président, a été nommé Administrateur du Crédit Foncier de France.

M. G. Trélat a été nommé Directeur de l'École spéciale d'Architecture en remplacement de M. E. Trélat, notre ancien Président, récemment décédé.

M. le Président adresse à tous ces collègues les sincères félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui sera insérée dans l'un des prochains bulletins.

M. le Président dit que M. Portier, Secrétaire technique (première section), étant obligé de résigner ses fonctions, pour cause d'absence prolongée, la première section a proposé de nommer à nouveau M. Taupiat de Saint-Symeux, qui avait dû se retirer l'année dernière pour cause de maladie. Le Comité a en conséquence élu M. Taupiat de Saint-Symeux comme secrétaire technique de la première section en remplacement de M. Portier, démissionnaire.

M. le Président communique à la Société les avis suivants :

Le poste de Directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers a été déclaré vacant, le 15 avril. Les candidatures doivent être adressées, dans le délai d'un mois à la direction de l'Enseignement technique, deuxième Bureau, au Ministère du Commerce.

Une exposition internationale de l'Est de la France aura lieu, à Nancy, d'avril à octobre 1909.

Le premier Congrès International des premiers secours et de sauvetage aura lieu, à Francfort-sur-le-Mein, du 10 au 14 juin prochain.

Enfin, le meeting annuel de l'*Iron and Steel Institute* se tiendra à Londres les 14 et 15 mai 1908.

Les documents se rapportant à ces différents avis peuvent être consultés au Secrétariat de la Société.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la célébration du soixantenaire de la Société des Ingénieurs Civils de France aura lieu les 15, 16 et 17 mai courant. Les adhésions pour le vendredi 15 et le samedi 16 sont tellement nombreuses que la salle des Séances sera à peine suffisante pour recevoir les membres de la Société qui se sont fait inscrire. Dans ces conditions il sera matériellement impossible d'inviter les dames comme on avait espéré pouvoir le faire.

Pour ce qui concerne le banquet du samedi soir, 16 mai, à l'Hôtel Continental, M. le Président annonce que des invitations ont été faites à un grand nombre de Présidents de Sociétés scientifiques et techniques qui nous font toujours l'honneur d'inviter notre président à leurs fêtes commémoratives. M. le Président engage les membres de la Société à venir eux-mêmes en très grand nombre au banquet afin que nous puissions faire à ces Sociétés amies une réception digne d'elles.

M. Victor CAMBON a la parole pour sa communication sur *Les Procédés de l'Industrie allemande* (1).

M. Victor CAMBON dit que les progrès de l'industrie allemande n'ont pas eu pour point de départ, comme on le croit généralement, les victoires de 1870 ; la poussée industrielle de cette époque ne fut pas heureuse : dès 1874 une crise intense l'arrêta ; ce n'est que vers 1885 et plus encore depuis l'avènement de Guillame II (1888) que l'essor de cette industrie est devenu énorme et inquiétant. Ce fut l'augmentation de la population qui le détermina et la science qui y présida.

M. Cambon énumère les diverses écoles techniques de l'Allemagne. *Technicums et Écoles pratiques*, parle des *Universités*, décrit plus spécialement celle de Leipzig, la plus célèbre et l'une des plus anciennes, et enfin s'arrête plus longuement aux *Ecoles Polytechniques Supérieures*, qui sont au nombre de 11 et marchent aujourd'hui de pair avec les Universités.

M. Cambon montre avec projections à l'appui les *Écoles Polytechniques de Hanovre* et de *Danzig*. Cette dernière a été inaugurée en 1905. Il fait voir que les élèves sont tenus de se spécialiser dès leur entrée, dans une des cinq catégories suivantes : Architecture, Construction, Mécanique, Chimie, Connaissances Générales.

Il décrit en détail l'organisation des 239 cours de Hanovre professés par 105 titulaires à 1 100 élèves environ ; l'aménagement des amphithéâtres, des collections techniques, des salles de dessins, des laboratoires, du cabinet de physique, etc., et fait voir que dans la dernière création, celle de Danzig, ces installations, qui ont coûté plus de 6 millions de francs, atteignent le plus haut degré de perfection.

Il s'attache à montrer avec quelle sollicitude les professeurs enseignent à leurs élèves les plus récentes manifestations de l'industrie, et particulièrement toutes les inventions nouvelles, afin de leur inculquer, avant tout, le goût du progrès.

(1) Voir Bulletin d'avril 1908, page 533.

Le jeune Ingénieur sorti de l'école, se spécialise encore davantage dans quelque grande usine, y trouvant déjà et y apportant lui-même le désir d'y créer des améliorations et des productions nouvelles.

Le conférencier signale l'état d'esprit des chefs d'industrie allemands : ce sont des hommes ordonnés, méthodiques, connaissant bien leur métier et confiants en eux-mêmes; assidus à lire tout ce qui se publie sur leur industrie, et à renouveler sans relâche leur matériel. On peut dire qu'une usine allemande est perpétuellement en état d'équilibre instable.

L'américanisme a singulièrement envahi les cerveaux allemands : cette tendance se réconnait à la création de grosses unités industrielles, au travail en série, à la lutte pour diminuer la main-d'œuvre, laquelle, d'ailleurs, est généralement de qualité assez médiocre.

A citer : la profusion de laboratoires de recherches dans presque toutes les fabriques, la multitude de brevets demandés et les bénéfices considérables que ces brevets procurent à leurs heureux possesseurs; aussi une véritable fièvre d'inventions hante-t-elle les cerveaux allemands.

M. Cambon examine ensuite le rôle des banquiers dans l'industrie; rôle actif et bienfaisant; collaboration de tous les instants, interventions et soutiens dans les moments difficiles et agents de rapprochement entre les industriels concurrents.

L'idée dominante du banquier allemand est de favoriser la production nationale, de lui apporter des capitaux et de ne pas drainer l'argent du pays pour le porter au dehors.

L'État, ou les États, avec un zèle un peu trop tyrannique, jouent le même rôle. Grâce à une sollicitude et à une énergie dont l'initiative leur est donnée par l'empereur lui-même, ils ont réussi à tenir les services publics au niveau des besoins croissants de l'industrie et du commerce.

De là ces édifices publics gigantesques qui étonnent le voyageur : postes, hôtels de ville, ports, gares, etc.

M. Cambon donne une description détaillée, véritable primeur, de la future gare centrale de Leipzig, qui desservira treize grandes lignes et sera la plus grande du monde : façade de 340 m, hall de 26 voies, dépense de 158 millions de francs; (plusieurs projections en montrent les plans, adoptés seulement depuis deux mois).

Il fait ensuite la description de plusieurs usines choisies parmi les plus modernes : la fabrique de machines de Karl Krause, à Leipzig, la fabrique de matières colorantes L. Cassella, à Hœcht, près Francfort-sur-le-Mein.

Enfin, M. Cambon donne des renseignements extraits des livres de la Compagnie Hambourgeoise Américaine de navigation de Hambourg (1), créée en 1847, et dont la flotte a successivement connu les tonnages suivants :

(1) A propos de Hambourg, M. Cambon signale, à titre documentaire, le parc des fauves, pourvoyeur de la plupart des ménageries et jardins zoologiques, et qui constitue une des curiosités les plus extraordinaires de cette ville.

1847.	1 600 tx
1857.	13 500
1867.	28 400
1877.	52 000
1887.	83 000
1897.	335 700
1907.	955 000

M. le Président dit que le nombre d'Ingénieurs produits tous les ans par l'Allemagne paraît formidable.

M. V. Cambon répond qu'en raison de la durée des études il faut diviser par quatre les nombres d'élèves qu'il a donnés comme se rapportant aux Écoles polytechniques et par un nombre plus ou moins grand les effectifs des Facultés.

M. le Président constate que la communication de M. V. Cambon donne l'impression d'une sollicitude spéciale du peuple allemand au point de vue de la formation des Ingénieurs, qui lui sont nécessaires; mais qu'il y a lieu de constater que ces jeunes gens, spécialisés à outrance, ne possèdent pas l'éducation encyclopédique que les Ingénieurs français reçoivent dans nos grandes Écoles, et qui leur assure toujours une supériorité à l'étranger.

M. le Président remercie enfin M. V. Cambon, et lui exprime le regret d'avoir été dans l'obligation, en raison de l'ordre du jour très chargé, de lui demander de raccourcir un peu son exposé; il eût été désirable que rien ne fût retranché de sa communication, et on ne manquera pas de lire avec le plus grand intérêt le mémoire contenant *in extenso* les renseignements qui n'ont pas pu être donnés verbalement.

M. Marquisan a la parole pour sa communication sur *Les Méthodes nouvelles de distillation de la houille pour la fabrication du gaz* (1).

M. Marquisan, en rappelant l'exposé qui a été fait par M. Reumaux, Président de la Société, dans son discours du 10 janvier 1908, sur la situation des ressources houillères de la France et les renseignements donnés l'an dernier par M. Cornuault sur l'augmentation croissante de la consommation du gaz, montre que l'industrie du gaz est particulièrement intéressée à la meilleure utilisation possible des houilles à gaz dont un tonnage considérable, qui ne peut aller qu'en augmentant, est importé d'Angleterre et d'Allemagne. Il signale l'avantage que présenterait, au point de vue de l'économie du combustible, la généralisation de l'emploi, dans une certaine proportion, de gaz à l'eau carburé, mélangé au gaz de houille, comme cela est admis et pratiqué dans tous les pays étrangers.

Les nouvelles méthodes de distillation consistent :

1° Dans la cornue verticale discontinue, dans laquelle le chargement et le déchargement se font à des intervalles variables ;

2° Dans la cornue continue, dans laquelle de petites charges sont introduites d'une façon presque constante et où la distillation s'opère d'une façon régulière et uniforme ;

(1) Voir Bulletin d'avril 1908, page 573.

3° Dans des fours à chambres inclinées, où la carbonisation se fait en grandes masses, dans des conditions qui se rapprochent, au point de vue de la durée de la distillation, de celles des fours à coke métallurgique.

M. Marquisan retrace les conditions actuelles de la fabrication du gaz d'éclairage, soit avec les cornues horizontales, chargées et déchargées mécaniquement au moyen des machines perfectionnées, aujourd'hui en usage : de Brower, Sautter-Harlé, Cabrier, Boutan, etc., soit avec les cornues inclinées introduites, en 1885, par M. A. Coze et qui constituent un des grands progrès réalisés dans l'industrie du gaz.

Il rappelle, d'après divers auteurs, notamment d'après les travaux de M. Sainte-Claire Deville, les données caractéristiques des procédés actuels, principalement en ce qui concerne l'influence de la température et les variations de la composition du gaz au cours de la distillation.

Les nouvelles méthodes ont pour but d'améliorer les conditions de la distillation et d'apporter, en même temps, une solution économique à la question de la main-d'œuvre, si importante dans les usines à gaz.

Cornue discontinue. — C'est en 1905 que le docteur Bueb, de Dessau, a fait connaître le type de four à cornue verticale auquel il est arrivé, après plusieurs années de persévérantes recherches entreprises d'accord avec M. E. Körting, Directeur général de la Compagnie Impériale Continentale de Berlin.

La hauteur de la cornue est de 4 m, la charge est d'environ 500 kg ; la durée de distillation de 8 à 10 heures, suivant les charbons ; la production par 24 heures de 400 m³ environ.

La température à la partie inférieure du four, qui est la plus chauffée, est de 1 300 à 1 400 degrés centigrades; elle décroît de la base au sommet.

La cornue est complètement remplie. Les gaz formés, au lieu de traverser le coke et de s'échapper le long des parois, se dirigent vers le centre et sortent par un noyau central refroidi où ils trouvent un chemin de moindre résistance. Il en résulte qu'ils ne sont pas exposés aux mêmes causes de décomposition que dans les systèmes actuels.

Les résultats obtenus, consignés dans des graphiques, montrent que la distillation, dans la cornue verticale, s'opère dans des conditions rationnelles. Outre des rendements en gaz et des pouvoirs éclairant et calorifique favorables, on doit signaler un accroissement considérable en ammoniaque, un goudron fluide, riche en huiles légères et exempt de suie, la réduction du cyanogène, du graphite, la suppression presque complète de la naphtaline.

L'usine de Dessau marche avec ces fours depuis 1905.

M. E. Körting a installé aux usines d'Oberspree et de Mariendorf, à Berlin, des cornues d'une plus grande capacité, soit de 5 m de haut, où l'on introduit, pendant les deux dernières heures de la distillation, de la vapeur d'eau pour produire du gaz à l'eau. On a ainsi un rendement plus élevé en gaz, qui atteint 36 à 38 m³ par 100 kg de houille, mais un pouvoir éclairant moindre. On sait que le pouvoir éclairant, avec la généralisation des becs à incandescence, n'a plus la même signification

qu'avec les anciens becs et c'est avec raison qu'en Allemagne, à Berlin spécialement, on attache, à la question du pouvoir éclairant, une moindre importance qu'à celle du pouvoir calorifique.

La cornue verticale de Dessau est entrée aujourd'hui très largement dans la pratique. Le nombre de ces cornues en fonctionnement ou en construction est, d'après une évaluation récente du *Journal of Gas Lighting*, de 1880, ce qui représente une production journalière de 753 000 m³. Elle a été introduite dans un grand nombre de villes d'Allemagne, à Zürich, à Gênes, à Barcelone, etc.

A Mariendorf, on construit actuellement, outre les fours déjà existants, une grande halle pour cornues de 5 m, correspondant à une capacité de production journalière de 150 000 m³.

Les recherches du docteur Bueb et de M. E. Körting ont été ainsi couronnées de succès et l'on ne peut considérer ce système que comme réalisant dans la technique du gaz un progrès incontestable.

Cornue verticale. — M. Marquisan signale que certains inventeurs, en cherchant la distillation continue, ont eu aussi pour objet de décomposer le goudron, afin d'augmenter le rendement en gaz, en laissant un espace libre au sommet de la cornue.

En France, en 1903, MM. Verdier et Teulon ont essayé, à Marseille, un appareil basé sur ce principe, mais sans succès ; il en fut de même à Lyon, avec la même cornue sensiblement modifiée ; mais il y a lieu de rappeler les expériences faites par les Ingénieurs de Marseille sur l'avantage des faibles charges au point de vue de la production du gaz et leurs conclusions tendant à admettre que la chaleur agit différemment sur les molécules simples du gaz et sur les molécules complexes du goudron.

En Angleterre, vers la même époque, la cornue verticale de MM. Settle et Padfield, dans laquelle on cherchait aussi à décomposer le goudron, donna d'abord, à Exeter, des résultats favorables, mais l'installation de ce système à Cleethorpes n'ayant pas réussi, il n'en a plus été question.

Des contributions importantes à l'étude de la cornue verticale, basées sur l'expérience tirée de la distillation des schistes bitumineux d'Écosse, ont été fournies par MM. Herring, W. Young, Thos. Glover. Ces deux derniers inventeurs attribuent à la chaleur radiante et à la chaleur de contact un mode d'action différent au point de vue de la décomposition des gaz et des vapeurs et ont étudié, d'après ce principe, un type de cornue verticale qui serait actuellement en construction.

Contrairement aux dispositions adoptées dans les systèmes précédents, la cornue de MM. Woodall et Duckham est complètement remplie. La hauteur de la cornue, qui était à l'origine de 10 pieds, a été ensuite portée à 20 pieds et enfin à 25 pieds.

La cornue a la forme d'une sorte de cubilot fermé aux deux extrémités. La température maximum se trouve à la partie supérieure. Le dispositif d'alimentation est combiné de façon que le charbon pénètre dans la cornue d'une façon presque continue, mais proportionnellement à la quantité de coke évacuée en bas.

Le système de sortie du coke a subi diverses modifications. Dans le

dernier type, qui fonctionne à Poole, près Bournemouth, la cornue se prolonge à la partie inférieure par une trémie fermée de manière à empêcher les rentrées d'air et les sorties de gaz ; dans ces conditions, on a pu supprimer le barillet.

Il n'est plus nécessaire d'enfermer les cornues dans un bâtiment. Une simple toiture suffit.

Avec 25 pieds de hauteur, on peut distiller 3 t de houille par vingt-quatre heures.

Le rendement en gaz est de 360 m³ environ par tonne. Il n'y a pas d'introduction spéciale de vapeur d'eau en dehors de celle provenant de l'extinction du coke dans la trémie inférieure.

Le pouvoir éclairant est d'environ 14 bougies. Le pouvoir calorifique voisin de 5 000 calories.

Les rendements en ammoniaque et en goudron sont élevés et le goudron fluide.

Les gaz se formant immédiatement à la partie supérieure sortent sans être décomposés et l'on n'observe pas de formation de naphtaline ni de graphite.

Le coke sort du récipient inférieur presque froid. Il est assez dur et de bonne apparence.

Il y a actuellement quatre fours à quatre cornues en service continu à Bournemouth. Deux autres installations ont été faites à Londres, aux usines de Nine Elms et à Liverpool. Celle de Nine Elms va être transformée sur le modèle de Poole et MM. Woodall et Duckam attendent encore les résultats de la prochaine marche à Nine Elms. L'expérience déjà acquise permet de considérer que la distillation continue, qui a été jugée par certains techniciens comme un idéal irréalisable, est aujourd'hui un fait accompli.

Fours à chambres. — M. Marquisan rappelle les applications faites en Amérique du gaz des fours à coke à récupération pour l'éclairage de certaines villes, spécialement l'entreprise de l'usine d'Everott, à Boston, qui a fait l'objet d'une étude très complète présentée par le docteur Schniewind au Congrès de Glasgow, en 1901. D'après M. Stilgenstock, qui a traité, en 1902, au Congrès de Düsseldorf, cette question de l'emploi des gaz de fours à coke pour à l'éclairage, il y a entre les usines de carbonisation et les usines à gaz des différences essentielles qui ne permettent pas de les réunir, mais l'industrie du gaz doit aujourd'hui s'inspirer de ce qui a été fait dans le domaine de la carbonisation. Tel est aussi l'avis de divers techniciens qui font autorité : Livesey, Bunte, etc.

C'est dans cet ordre d'idées que les Ingénieurs de Münich ont créé le type des fours à chambre de grande capacité, inclinés et chauffés par générateurs. Chaque four a trois compartiments, de forme spéciale, chauffés de manière à éviter la décomposition des gaz. La durée de la distillation est de vingt-quatre heures.

Les premiers fours de Münich ont fait l'objet d'une communication, présentée par le docteur Ries, en 1907, au Congrès gazier de Mannheim. Des essais ont été faits sous la direction du professeur Bunte et les résultats en sont représentés par des tableaux et graphiques.

Il existe des modèles de fours à chambres de diverses grandeurs. Ceux de Münich étaient de 3 000 m³ par vingt-quatre heures. A Hambourg, on vient de mettre en fonctionnement une batterie de dix fours de 5 000 m³ chacun. Des projections montrent les dispositions extérieures de cet ensemble, chargement, déchargement, etc.

A Leipzig, on construit en ce moment des fours de 6 000 m³.

On compte, avec les fours à chambres, arriver à une main-d'œuvre aussi réduite que possible et même supprimer le travail de nuit.

Ce serait prématuré de chercher, en l'état actuel, à comparer les divers systèmes et d'émettre des appréciations sur leurs mérites respectifs. Le choix dépendra des conditions spéciales de chaque exploitation. Les grandes unités ne conviendront évidemment que dans des usines importantes.

Si des raisons d'économie conduisent au maintien des systèmes actuels, là où ils existent, il apparaît bien que les nouveaux sont entrés suffisamment dans la pratique pour être appliqués quand il s'agira de constructions neuves et d'agrandissements. Nous assistons à une transformation, considérée même par certains techniciens comme une véritable révolution dans les méthodes de production du gaz.

M. le Président dit qu'il est l'interprète de toute l'assistance en remerciant très chaleureusement M. Marquisan de sa communication si documentée. Il a montré que dans l'industrie du gaz, comme dans toute industrie moderne, on recherche la continuité des opérations en vue d'arriver à une diminution du prix de revient et de la main-d'œuvre et à la perfection des produits. M. Marquisan a montré que le problème est très complexe quand il s'agit de faire passer des matières solides à l'état continu par toutes les phases successives du chauffage à haute température et du refroidissement avant extraction, et que cela nécessite beaucoup d'ingéniosité. Le problème exigera encore bien des perfectionnements, mais l'exposé de M. Marquisan fait ressortir les efforts faits et les résultats acquis qui sont des plus encourageants.

M. A. Grebel a la parole pour sa communication sur *L'Emploi du benzol dans les moteurs d'automobiles* (1).

L'heure avancée à laquelle M. Grebel prend la parole ne lui permettant pas de s'étendre, il donne un résumé sommaire de sa communication.

La consommation d'essence, dit-il, va toujours croissant, au point que l'industrie du raffinage a du mal à suivre la demande. Le benzol, par sa grande analogie avec l'essence, est le produit le mieux placé pour la concurrencer, et limiter l'augmentation de ses cours, dangereuse pour l'avenir de l'automobile.

Avec les prix actuels, l'économie réalisable est considérable : 23 0/0 hors Paris, 35 0/0 dans Paris.

M. Grebel donne de succinctes indications sur la provenance, la production, les emplois, la nature et les caractéristiques du benzol.

Suivent quelques observations générales sur les particularités des moteurs d'automobiles, leur régulation, leurs carburateurs, le réchauffage et l'allumage. Il communique les résultats des essais effectués à la

(1) Voir Bulletin de mai 1908.

Société de Colombes, et présente les tableaux et graphiques qui résument ces résultats. Il fait ressortir l'importance considérable du dosage du mélange sur la consommation et la puissance massique. Il s'attache, enfin, à l'exposé des réglages à faire subir aux carburateurs à essence ou alcool carburé pour les approprier à l'emploi du benzol.

M. le Président demande à quelle température distille le benzol dont il vient d'être parlé.

M. Grebel répond que le benzol 90 degrés commence à passer à 81 degrés et finit à 120 degrés. Ce benzol contient donc du toluène et du xylène, mais cela n'a pas d'inconvénient; au contraire, la benzine pure serait moins avantageuse.

Sur une autre question de M. le Président, M. Grebel explique qu'on ne peut avoir la prétention de remplacer complètement l'essence par le benzol.

M. le Président fait remarquer que, d'ailleurs, les 18000 t indiquées comme pouvant être obtenues en France ne seraient pas suffisantes pour se substituer à l'essence. Ce sera un supplément désirable; et si on peut encore ajouter un adjuvant, tel que l'alcool, on aura encore plus de matières destinées à favoriser l'automobilisme, ce qui est à souhaiter. En outre, c'est aussi une question de prix de revient, parce que certaines industries peuvent avoir intérêt à extraire leur benzol et l'avoir à meilleur marché.

M. le Président exprime enfin le regret de ne pas voir dans l'auditoire quelques-uns des automobilistes qui eussent pu ouvrir une discussion sur cette communication dont il remercie M. Grebel.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. L. Baumann, G. Bénard, P. Chaleil, A. Desgorces, A. Galtier, A. Grosdemouge, F. Guitton, J. Laignelet et E. Thiery, comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. Bosch-Labrus, P. Breuil, A. Garcia-Font, A. Grebel, R. Henrique, L. de Seynes, F. Cambessédes et R. Thétier, sont reçus Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à onze heures cinquante-cinq minutes.

L'un des Secrétaires techniques,
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 MAI 1908

PRÉSIDENCE DE M. E. REUMAUX, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. LE PRÉSIDENT prononce les paroles suivantes :

« MESSIEURS,

» MES CHERS COLLÈGUES.

» Avant d'aborder l'ordre du jour de cette première séance du soixantenaire, je désire vous remercier d'être venus si nombreux assister à » cette fête, qui est pour nous une fête de famille. Ce que le Comité » a voulu, c'est moins de célébrer le soixantenaire de la Société que de » fêter ses anciens. Nous avons l'heureuse et rare fortune de compter » encore parmi nous cinq des fondateurs de la Société et vingt-quatre » Membres qui ont plus de cinquante ans de sociétariat. Votre Comité » a pensé que ce soixantenaire était l'occasion de leur témoigner notre » gratitude et, à cet effet, de leur offrir la médaille commémorative de » la Société. Vous voyez que c'est un véritable jubilé de cinquante et » de soixante ans que nous célébrons. C'est donc une fête de famille, et » vous savez que rien n'est plus agréable au chef de famille, qui est le » Comité dans l'espèce, que de voir réunis un grand nombre de ses » Membres. C'est pour cela, Messieurs, que je vous remercie d'être » venus. (*Applaudissements.*)

» Vous avez appris, mes chers Collègues, par les circulaires que vous » avez reçues, que nous avons éprouvé une sérieuse déception; nous » avions organisé une importante séance d'aviation et comptions qu'elle » serait un des attraits de notre fête; mais au dernier moment nos » aviateurs ne se sont pas trouvés en mesure, je dois reconnaître qu'ils » avaient fait leurs réserves. Il leur faut un temps propice et des appa- » reils au point; or le temps est malheureusement incertain et les ap- » pareils, éprouvés dans de récentes séances, réclament des retouches. » On vole quand on peut, parait-il, mais non quand on veut.

» Messieurs, pour la séance d'aujourd'hui et celle de demain, nous » avons obtenu le concours de conférenciers éminents. Vous entendrez » tout à l'heure M. Cerbelaud, qui vous exposera la phototélégraphie, » M. Marette, qui vous parlera de la phonocinématographie, et M. le » capitaine Couade, des appareils de synchronisme. Je n'ai pas à vous » présenter ces conférenciers, leurs noms vous sont connus, ils ont une » grande notoriété parmi les Ingénieurs et surtout parmi les personnes

» qui s'occupent de photographie et de cinématographie. Je les ai déjà » remerciés et je les remercie encore d'avoir bien voulu, pour cette » séance, en ce jour de grande réunion, nous donner le concours de » leur savoir et de leur talent d'exposition.

» Messieurs, avant de donner la parole à M. Cerbelaud, nous allons » reprendre l'ordre ordinaire de nos séances. »

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

J.-G. Bolle-Besson, Membre de la Société depuis 1878, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École des Mines. Ancien Président de la Chambre Syndicale de la Stéarinerie et de la Savonnerie, à Paris. Fabricant de bougies et savons à Dôle ;

H.-A. Bertin, membre de la Société depuis 1901, ancien élève de l'École Centrale (1889). Ingénieur conseil en matière de propriété industrielle.

M. le Président exprime aux familles de ces regrettés Collègues les sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président annonce également le décès de M. de Lapparent et rappelle que M. de Lapparent devait entrer dans notre Société, aujourd'hui même, comme Membre d'Honneur. Il avait accepté. On sait quel rang il occupait dans la science, quel était son grand renom. C'était pour la Société un honneur d'avoir son nom et son patronage. Le décès de M. de Lapparent est une grande perte pour la science.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société près de la famille de M. de Lapparent pour lui apporter ses regrets et ses témoignages de douloureuse sympathie.

Enfin, M. le Président fait connaître que l'un de nos Collègues, M. Chélu-Bey, Membre correspondant au Caire, a été nommé officier de l'Instruction publique et qu'il lui adressera les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus.

Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains bulletins.

M. Cerbelaud a la parole pour sa communication sur *La Phototélégraphie* (transmission de la photographie à distance) (1).

M. G. Cerbelaud fait tout d'abord remarquer qu'à toute science nouvelle il faut un nom nouveau et que, d'accord en cela avec les spécialistes les plus compétents, il propose de substituer au mot *téléphotographie*, indiqué à l'ordre du jour précédent, l'expression plus exacte de *phototélégraphie*.

M. G. Cerbelaud expose les principes des divers systèmes actuellement en usage pour la *transmission à distance* des images photographiques par voie téléphonique ou télégraphique.

(1) Voir Bulletin de juin 1908.

Il rappelle d'abord la propriété bien connue du *sélénium* dont la conductibilité électrique varie selon qu'il est éclairé par des rayons lumineux plus ou moins intenses.

C'est un Français, M. Senlecq qui, le premier, en 1877, a entrevu la possibilité de se servir de cette propriété pour « télégraphier » des images photographiques.

Avant lui, d'autres inventeurs, notamment l'abbé Caselli, avaient combiné des appareils télégraphiques qui transmettaient l'écriture et les dessins au trait, c'est-à-dire formés de *noirs* et de *blancs*. L'emploi du sélénium a permis d'appliquer la même méthode à la transmission des images offrant toute la gamme des demi-teintes.

Trois procédés sont aujourd'hui entrés dans la voie des applications pratiques ou des expériences définitives. Ce sont ceux du professeur Korn, de Munich, et ceux des Ingénieurs français Edouard Belin et Pascal Berjonneau.

Le premier est basé sur la propriété du sélénium rappelée plus haut: les deux autres font usage de dispositifs purement mécaniques et électriques.

M. G. Cerbelaud décrit en détail ces trois procédés.

Dans celui du professeur Korn, l'image à transmettre, constituée par une épreuve sur pellicule, est enroulée, au départ, sur un cylindre de verre animé d'un mouvement hélicoïdal. Pendant ce mouvement, chacun des points de l'image est frappé successivement par un rayon lumineux émanant d'une lampe de Nernst qui la traverse ainsi que le cylindre sur lequel elle est enroulée, avec une intensité correspondante à la transparence plus ou moins grande du point frappé. Ces rayons variés rencontrent à l'intérieur du cylindre un prisme qui les projette sur une plaque de sélénium intercalée dans le circuit téléphonique de la ligne. Il en résulte que le sélénium, diversement impressionné par les rayons lumineux, offre au passage du courant une conductibilité également variable et envoie dans la ligne une suite de courants électriques d'une intensité rigoureusement proportionnelle à celle des rayons lumineux qu'il a reçus. A l'arrivée, ces courants variés actionnent un obturateur très sensible, constitué par un « galvanomètre à cordes » qui intercepte plus ou moins le rayon lumineux d'une seconde lampe électrique. Celui-ci va frapper la pellicule sensible, enroulée dans une chambre noire sur un cylindre récepteur, dont le mouvement hélicoïdal est identique à celui du cylindre de départ. Chaque point de la pellicule sensible se trouvera donc recevoir la quantité de lumière exactement nécessaire pour reproduire l'impression du point correspondant de la pellicule de départ. Quand la transmission est achevée, il n'y a plus qu'à développer la pellicule d'arrivée par les procédés ordinaires pour obtenir l'image exacte de la photographie transmise.

M. Cerbelaud donne des détails sur les dispositifs employés pour assurer le synchronisme des deux postes sans lequel on n'obtiendrait que des images confuses. Il fait voir à l'aide de nombreuses projections les résultats déjà obtenus avec ce système, notamment dans les transmissions quotidiennes qui s'effectuent entre Paris et Londres, du poste parisien de l'*Illustration* au poste anglais du *Daily Mirror*.

Dans le système de M. Édouard Belin, le sélénium est remplacé par un dispositif électro-mécanique. L'épreuve de départ est préparée par le procédé au charbon ; elle présente des reliefs presque insensibles au toucher, mais suffisants pour actionner, par l'intermédiaire d'un levier et d'une quantité exactement proportionnelle à leur importance, un *rhéostat* qui produit dans le courant électrique de la ligne des variations correspondantes. A l'arrivée, les dispositions du poste sont analogues à celles du système Korn, avec cette différence que l'obturation du rayon lumineux qui impressionne l'épreuve sensible proportionnellement à l'intensité des courants reçus, est obtenue à l'aide d'un oscillographe de Blondel.

M. Belin a transmis sur lignes téléphoniques bouclées (Paris-Lyon-Bordeaux-Paris) d'un parcours total de 1 717 kilom. des portraits et même des paysages que M. Cerbelaud montre par voie de projection.

Quant au troisième système dû à M. Pascal Berjonneau, il diffère des deux premiers en ce sens qu'il peut utiliser pour la transmission n'importe quelle sorte de ligne, et principalement les lignes télégraphiques à un seul fil et retour par la terre.

Au lieu d'envoyer des courants variés dont l'intensité est proportionnelle aux teintes de l'image, M. Berjonneau se sert, au départ, d'une épreuve analogue à celles de la simili-gravure. Le style qui en explore successivement tous les points envoie dans la ligne une série de courants, ou signaux successifs de même intensité et d'une longueur variable, suivant que les pointillés de la simili-gravure sont plus ou moins rapprochés. C'est quelque chose d'analogue au Morse ou mieux au télégraphe de Caselli, appliqué à la transmission des demi-teintes. M. Berjonneau a transmis, par ce procédé, un curieux portrait de Mme Toselli, que M. Cerbelaud fait voir en projection et qui a été télégraphié sur la ligne réelle, à un seul fil, de Paris à Enghien, le 8 avril dernier.

En terminant, M. Cerbelaud indique les mécomptes que l'on éprouve encore dans la transmission pratique des images. Il montre par de curieuses projections, l'effet des perturbations extérieures dues au voisinage des lignes télégraphiques qui décalquent parfois sur les photographies transmises les dépêches du Morse ou du Baudot.

Il donne enfin quelques indications sur les applications actuelles et sur l'avenir de la phototélégraphie (informations rapides pour les journaux illustrés, transmission du portrait des malfaiteurs recherchés par la justice, renseignements militaires, etc.) et il conclut que cette nouvelle et intéressante application scientifique peut être considérée comme une étape de la solution du problème de la vision à distance.

M. le Président remercie M. Cerbelaud de son intéressant exposé. Il remercie également MM. Belin et Berjonneau, dont les appareils ont été décrits au cours de la conférence qui vient d'avoir lieu. Il remercie aussi M. Carpentier d'avoir bien voulu nous prêter, ce soir, le premier appareil au monde construit pour réaliser industriellement les procédés de transmission à distance de la photographie, dont M. Korn fut le précurseur.

Il rappelle à cette occasion que le journal l'*Illustration*, qui, il y a environ deux ans, a fait connaître ces appareils, a mis l'un d'eux en service depuis quelque temps déjà, pour permettre d'adresser à Londres directement, tous les jours, des documents intéressants qui sont édités dès le lendemain.

M. J. Armengaud jeune, dont le nom a été cité par M. Cerbelaud à propos de la vision à distance, dit qu'il a effectivement, dès la fin de l'année dernière, repris l'étude de ce difficile problème dont il avait déjà entretenu la Société dans la communication qu'il a faite en 1880 sur le photophone de M. Graham Bell.

Il expose que le premier pas à franchir vers le but à atteindre est l'exploration de l'image de l'objet fixe ou animé, image que, grâce au sélénium, il faut transmettre en image électrique pour convertir de nouveau celle-ci en image optique au poste de réception qui peut être situé à plusieurs centaines de kilomètres du poste de départ. Pour réaliser cette exploration, il faut décomposer l'image par éléments qui doivent tous apparaître par intermittences dans un temps moindre que la durée de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine. Il s'est inspiré à cet effet du mouvement saccadé des bandes dans le cinématographe et a fait construire un appareil qu'il a présenté à la dernière exposition de la Société Française de physique où il a été vu par M. Cerbelaud.

Il procède aujourd'hui à des expériences avec un dispositif particulier des cellules de sélénium et il se fera un plaisir d'en faire connaître les résultats à ses collègues à qui il considère devoir offrir la primeur de ses recherches comme membre de la Société depuis près de quarante ans.

M. J. Marette a la parole pour sa communication sur *La Phonocinématographie.*

M. J. Marette expose qu'avant d'aborder l'examen de la phonocinématographie, il lui paraît nécessaire de dire quelques mots sur l'état actuel du phonographe et du cinématographe qui vont par leur réunion chercher à nous donner une illusion plus complète de la vie.

Le principe du phonographe est trop connu pour y revenir à nouveau, il est seulement rappelé que les premiers appareils construits par Edison étaient du type à cylindre, les vibrations y étaient inscrites suivant une hélice. La forme cylindrique présentant de nombreux inconvénients, tant au point de vue de l'encombrement qu'au point de vue de la reproduction en un grand nombre d'exemplaires par moulage galvanique, est de plus en plus abandonnée pour la forme en disque.

Dans les disques Pathé, les vibrations sont perpendiculaires à la surface du disque et y sont inscrites suivant une spirale allant du centre à la périphérie. Dans les disques du gramophone, au contraire, les spires vont de la périphérie au centre et les vibrations sont parallèles à la surface du disque.

Les diaphragmes reproducteurs ont également reçu certaines modifications; la pointe vibrante n'attaque plus directement la membrane, cette pointe se place actuellement à l'extrémité de la petite branche d'un

levier, la grande branche venant se fixer au centre de la membrane; on amplifie ainsi les vibrations.

Enfin, dans ces deux dernières années, la création du diaphragme à air comprimé est venu apporter un grand perfectionnement en permettant l'audition du phonographe dans les plus grandes salles de spectacle et, ce qui nous intéresse plus particulièrement, augmenter l'attrait des scènes phonocinématographiques.

Ce diaphragme à air comprend, en principe, une soupape dont l'ouverture est commandée par une pointe (aiguille d'acier ou saphir) recevant les vibrations enregistrées sur le disque; un compresseur envoie de l'air à une pression de 5 à 6 m d'eau, sous le clapet. Celui-ci, dans ses déplacements rapides au-dessus du siège de la soupape, ouvre et ferme successivement l'orifice de sortie de l'air comprimé, et par suite lui communique directement les vibrations de pression propres à engendrer le son.

Cet air s'échappe ensuite par le pavillon du phonographe. Les vibrations ainsi obtenues ont une puissance beaucoup plus grande que celles qui seraient produites par une simple membrane.

Le cinématographe est dû à un Français, le professeur Marey, célèbre par ses études physiologiques, qui le créa pour les besoins de ses travaux dans le but d'analyser les mouvements de l'oiseau dans son vol, et trouva le moyen de reproduire la synthèse des mouvements ainsi analysés. Edison en Amérique et MM. Lumière en France furent les premiers à s'occuper du cinématographe et construisirent des appareils qui encore aujourd'hui sont restés des modèles de perfection.

Mais c'est surtout à MM. Pathé que le cinématographe doit d'avoir pris une extension énorme dans le monde entier. MM. Pathé ont créé l'industrie cinématographique proprement dite : les usines et théâtres de Vincennes et Joinville en France, et de Bound Brook aux États-Unis, occupent plus de deux mille ouvriers et fabriquent journellement 85 km de pellicules cinématographiques (plus de la moitié de la production mondiale).

Le principe du cinématographe peut se résumer ainsi : une pellicule photographique ou film, de 35 mm de large se déplace par bonds successifs de la hauteur d'une image dans un couloir percé d'une fenêtre en regard d'un objectif, à raison de seize bonds par seconde; un obturateur en forme de secteur circulaire, obture la lumière pendant le temps de déplacement de la pellicule.

On obtient ainsi après développement une série d'images instantanées négatives dont on peut tirer autant de positifs que l'on veut.

La projection se fait au moyen d'un dispositif analogue, en éclairant fortement la fenêtre du défileur cinématographique, au moyen d'un arc électrique et d'un condensateur; la vitesse de projection doit être la même que celle de la prise de vue, afin de conserver la vitesse naturelle du mouvement. La durée de la projection est fonction de la longueur de la bande, on fabrique couramment des films de 400 et 500 m, qui durent de vingt à trente minutes.

Le phonographe, quoique plus ancien, est, sous le rapport de la durée des auditions, resté très en retard sur le cinématographe. La durée d'un

disque, qui ne dépasse pas, en effet, quelques minutes, limite forcément celle des scènes « ciné-phono » et on ne peut songer pour le moment, du moins, à reconstituer des scènes entières d'opéras.

Un autre inconvénient que l'on a rencontré est l'extrême délicatesse de marche du phonographe : la plus petite variation dans la vitesse angulaire du disque altère, en effet, complètement la pureté du son en changeant la fréquence des vibrations musicales.

Cette raison a obligé à condamner impitoyablement tout système de synchronisation qui ne laisserait pas entièrement libre la marche du phonographe.

Tout réglage de vitesse ou tout rattrapage de synchronisme ne doit donc agir que sur le mécanisme d'entrainement du film.

Pour fabriquer une scène « ciné-phono », plusieurs solutions seraient possibles :

On pourrait faire l'enregistrement phonographique et cinématographique simultanément;

Ou bien faire les enregistrements successivement en commençant par le cinématographe ou par le phonographe.

Le premier de ces procédés serait évidemment le meilleur puisqu'il nous permettrait d'enregistrer synchroniquement le son et le mouvement; il est malheureusement à rejeter, car jusqu'à présent on est obligé pour obtenir un bon enregistrement phonographique, de faire chanter l'artiste exactement devant l'embouchure du cornet aboutissant au diaphragme enregistreur; il lui est donc impossible de mimer la scène et, de plus, le cornet se trouvant forcément dans le champ de l'appareil de prise de vue cinématographique serait reproduit sur l'écran de projection, ce qui serait d'un effet fâcheux.

Il faut donc avoir recours à un artifice et faire les deux enregistrements successivement.

Dans le procédé le plus pratique et le seul employé, on commence par fabriquer un bon disque de la scène à reproduire, en ayant soin de placer sur le galvano en cuivre qui sert au moulage des disques, un point repère très visible, destiné à indiquer le début de la spire où sont inscrites les vibrations musicales; ce point de repère, qui sera reproduit sur tous les disques d'une façon identique, marquera l'endroit exact où il faudra placer la pointe du diaphragme pour toutes les auditions ultérieures et en particulier pour l'enregistrement cinématographique de la scène.

Pour exécuter ensuite l'enregistrement cinématographique, on disposera la mise en scène comme pour un sujet ordinaire de cinématographe : seulement l'appareil de prise de vues sera relié mécaniquement au plateau d'un phonographe, en ayant soin que les nombres des tours-minute des deux appareils soient dans un rapport déterminé et convenable au fonctionnement particulier de chacun (le phonographe tourne par exemple à 90 tours par minute et le cinématographe doit défiler pendant ce même temps 960 images).

Ce rapport une fois établi devra rester constant pour tous les appareils d'audition. Pour terminer l'enregistrement, il ne reste plus qu'à faire mimer la scène déjà enregistrée par le phonographe devant les

deux appareils actionnés soit par un moteur électrique, soit plus simplement à la main, les artistes se guidant pour cela sur le chant du phonographe.

La liaison mécanique des deux appareils nuit, il est vrai, à la qualité des sons émis par le phonographe, mais, dans le cas présent, la pureté du son n'est pas un élément indispensable, le phonographe ne servant ici que de point de repère. La bande cinématographique négative une fois impressionnée est développée et tirée en positifs par les moyens ordinaires : on a soin cependant d'imprimer sur la bande négative un repère correspondant exactement à celui des disques et qui se reproduira photographiquement sur toutes les bandes positives tirées ultérieurement.

Si on place, d'une part, le disque sur le phonographe de manière que la pointe du diaphragme soit exactement sur le point de repère et que, d'autre part, la bande cinématographique soit placée dans le projecteur de manière que le point de repère imprimé sur la bande se trouve exactement dans l'encadrement de la fenêtre de projection de l'appareil; si à ce moment on relie par un système de synchronisme, dans le rapport constant dont il a été parlé, le mécanisme des deux appareils et qu'on mette en marche l'ensemble ainsi constitué, les oreilles et les yeux des spectateurs seront impressionnés simultanément par des sons et des mouvements concordants; on a, à ce moment, l'illusion que l'image des acteurs reproduite sur l'écran de projection joue et chante réellement.

Mais il convient d'ajouter que le moindre écart dans le synchronisme produit une gêne considérable pour les spectateurs et détruit tout l'effet.

Au début, lorsqu'on ne possédait pas encore d'appareils pour assurer le synchronisme, on procédait ainsi : un simple récepteur de téléphone communiquait le son du phonographe à l'opérateur qui se trouvait dans sa cabine. L'opérateur actionnait son appareil de projection à la main, et son habileté consistait à faire suivre l'image.

On chercha à reproduire automatiquement ce phénomène. L'appareil Gentilhomme en est un exemple. Cet appareil comprend, en principe, une résistance variable, actionnée automatiquement. Cette résistance est montée en série sur le circuit du moteur électrique qui actionne le projecteur cinématographique et intervient automatiquement si l'appareil marche trop vite ou trop lentement. Pour régler le jeu de cette résistance, l'appareil comporte deux petits mécanismes de télégraphe Bréguet. Chacun de ces télégraphes est mû automatiquement par le mouvement des deux appareils, de manière que ces télégraphes tournent rigoureusement ensemble, lorsque le cinématographe et le phonographe sont en synchronisme. En cas contraire, un courant actionne les inverseurs, qui font tourner, dans un sens ou dans l'autre, le petit moteur commandant les résistances. Cet appareil Gentilhomme est d'un fonctionnement tout à fait sûr.

Enfin, M. Marette en arrive aux appareils du capitaine Couade, et dit qu'il préfère laisser la parole à ce dernier.

Un certain nombre d'expériences phonocinématographiques ont été faites au cours de cette communication.

M. le Président adresse à M. Marette et à M. Pathé tous ses remerciements et félicitations pour la communication qui a été faite et pour les instruments dont le fonctionnement a vivement intéressé tous les Membres de la Société.

M. le Capitaine Couade a la parole pour sa communication sur *Les appareils de synchronisme et leur utilisation* (1).

M. le Capitaine Couade dit que c'est en 1905, à Toulon, qu'il eut l'idée, dans un but purement militaire, des appareils de synchronisme qu'il va décrire.

Il imagina ensuite d'appliquer le même dispositif au fonctionnement synchrone de phonographes et de cinématographes.

Ce problème ne parait pas théoriquement très compliqué, mais il soulève des difficultés multiples dans la pratique.

Ce qui constitue la caractéristique du système, c'est le mode de production du courant triphasé. Le dispositif employé est d'un faible encombrement, il peut s'adapter à toute installation existante et permet d'obtenir automatiquement la concordance des images et des sons sans embrayage et sans rattrapage. Il suffit qu'avant la mise en marche le style du phonographe soit sur le repére du disque et que l'image repérée soit devant l'objectif.

Le courant triphasé lancé dans le moteur synchrone qui actionne le cinématographe est obtenu par la transformation de courant continu à 70 ou 110 volts dans un appareil appelé transmetteur.

Il apparait d'ailleurs comme indispensable d'interposer entre le phonographe et le cinématographe les trois organes suivants : un engrenage pour passer de la vitesse propre du phonographe à celle du cinématographe, une roue libre à rochet pour ne permettre l'entrainement de la pellicule que dans un seul sens et en éviter la rupture, enfin un différentiel de rattrapage pour parer au cas de non-concordance accidentelle. Ces trois organes sont contenus dans le démultiplicateur à satellites.

Tous les renseignements et calculs concernant le transmetteur, le moteur et le démultiplicateur à satellites seront donnés dans le mémoire. Ces appareils peuvent être facilement adaptés aux postes de cinématographes existants.

Mais on ne peut encore reproduire que des scènes de courte durée. D'autres dispositifs sont d'ailleurs à l'étude, qui doivent conduire à permettre la reproduction d'actes entiers.

M. le Capitaine Couade indique quelques autres applications de ses appareils de synchronisme :

La multiphonographie, actuellement à l'étude, qui permettra à un certain nombre de phonographes répartis dans un orchestre et à proximité des chœurs et des chanteurs d'enregistrer les différentes parties d'un ensemble très complexe;

La commande à distance de canons, projecteurs, tourelles, etc., offre dans un ordre d'idées tout différent un champ d'applications très étendu;

(1) Voir Bulletin de juin 1908.

Les transmetteurs d'ordres et de signaux de la Guerre, de la Marine, des Chemins de fer, des Mines, etc. ;

La régulation des turbines des groupes hydro-électriques;

La commande à distance de rhéostats et de réducteurs;

L'amélioration de la traction sur route par train Renard.

M. le Capitaine Couade fait ensuite exécuter un certain nombre de scènes obtenues et reproduites par les procédés décrits par M. Marette et par lui-même.

M. le Président remercie M. le Capitaine Couade de la description qu'il vient de faire du synchronisme et de ses applications si diverses. En effet, elles paraissent être nombreuses et devoir s'étendre à bien des domaines, parmi lesquels celui de l'industrie ne sera pas un des moins fréquents.

M. le Président rappelle enfin que le lendemain samedi, à 5 heures de l'après-midi, aura lieu la séance solennelle pour la remise des médailles aux fondateurs de notre Societé et à nos plus anciens Sociétaires. Après cette remise, M. Carpentier, Membre de l'Institut, fera une conférence sur la photographie des couleurs.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H.-H. Blot, A.-D.-J. Bourlet, F.-X.-J.-A. Delas, J.-M. Espana, L.-F. Hermitte, P.-M. Lavaur, P.-J. Lemay, P. Petit, F.-J. Rennotte, J. Storm, Ch.-J. Thiry, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de

MM. A.-F.-P. Delaporte et G.-J. Vernes comme Membres Sociétaires Assistants ;

M. Voisin-Bey est admis comme Membre d'Honneur, et

MM. L. Baumann, G.-A.-A. Bénard, P.-J.-A. Chaleil, P.-J.-A.-H. Gaitier, D.-M.-F.-A. Grosdemouge, F.-V.-A. Guitton, E.-L.-J. Laignelet, E.-M.-Ch. Thiéry sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à onze heures trente-cinq.

L'un des Secrétaires techniques,
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE EXTRAORDINAIRE DU 16 MAI 1908

CÉLÉBRATION DU SOIXANTENAIRE

Présidence de M. E. Reumaux, Président.

La séance est ouverte à cinq heures un quart.

M. le Président prononce les paroles suivantes.

« Mes chers Collègues,

C'est à une fête de famille que nous vous avons conviés : le soixantenaire de notre Société a été, pour votre Comité, l'occasion de grouper plus nombreux ses membres de Paris, de la province et de l'étranger. dans l'expression de nos sentiments de gratitude et de nos félicitations aux survivants de nos fondateurs et à ceux de nos membres ayant cinquante années ou plus de sociétariat.

Notre premier devoir en ce jour de fête familiale est de donner un souvenir à nos collègues disparus, qui, après une vie de travail et de dignité, sont entrés dans l'éternel repos. Nous devons en particulier reporter notre pensée à ces années du milieu du siècle dernier, où tout était à créer dans le domaine de l'industrie et où les grands noms du génie civil français, les Flachat, les Polonceau, les Petiet, réalisèrent. avec le concours d'une pléiade d'ingénieurs de talent, des travaux qui. aujourd'hui encore, provoquent l'admiration et commandent le respect.

C'est pour nous tous une douce joie que de pouvoir aujourd'hui saluer dans cette enceinte quelques-uns des acteurs et des témoins de cette période créatrice dans l'histoire de notre Société.

Vous avez bien voulu, mes chers collègues, vous, nos aînés, venir en grand nombre vous asseoir au milieu de nous aujourd'hui et nous donner le nouvel et précieux témoignage de votre constant attachement à notre Société. C'est avec émotion et respect que je me fais l'interprète de nos sociétaires et vous prie d'agréer l'expression de notre profonde reconnaissance. Vous avez eu la haute satisfaction de voir votre œuvre prospérer et grandir, grouper les ingénieurs civils de toute origine. devenir un centre d'études et de diffusion scientifique de premier ordre. un lien précieux et un foyer de noble émulation entre les savants et les techniciens.

Vos collègues et continuateurs, plus nombreux d'année en année, n'ont point failli à la tâche désintéressée que vous vous étiez imposée et que vous leur aviez léguée. Fidèles à votre pensée, ils ont poursuivi sans relâche le but que vous aviez si heureusement défini dès la première heure. Ils ont porté l'influence et l'action de nos Ingénieurs dans tous ces domaines de l'industrie où s'exerce l'initiative privée, et n'ont jamais cessé de travailler à la grandeur et à la prospérité de notre chère Société.

Depuis l'inauguration de notre nouvel hôtel qui précéda d'une année le cinquantenaire de la Société, bien des progrès se sont accomplis, bien des changements sont survenus que je désire rappeler ici rapidement.

Le nombre des membres de la Société est passé de 3 216 à 3 694, soit une augmentation de 478 ou 15 0/0.

Les échanges de publications diverses avec notre bulletin se sont également accrus, passant de 201 à 269.

En même temps augmentait le nombre des périodiques reçus, de sorte que le total de ces derniers s'est élevé de 372 à 462.

La bibliothèque, qui constitue, pour le dire en passant, un des fonds d'études scientifiques les mieux pourvus de Paris, a reçu dans ce même laps de temps près de 9000 volumes et compte aujourd'hui 25 418 ouvrages.

En 1903, vous avez voulu que votre Président, par l'exercice pendant une année des fonctions de second, pût se familiariser avec les devoirs de sa charge et fût ainsi mieux à même d'en supporter dignement le poids. En même temps, le nombre et l'importance des questions rattachées à la première section du Comité rendait désirable la création d'une nouvelle et sixième Section, issue du dédoublement de la première, en travaux publics, d'une part, transports, de l'autre.

Cette nouvelle division du travail a été féconde en résultats heureux; elle a augmenté l'intérêt des travaux du Comité et suscité entre les diverses Sections, sous l'habile impulsion de leurs Présidents élus, une émulation des plus profitables au bon renom de notre Société.

Les Sections ont provoqué le dépôt de nombreux mémoires qui, après examen, ont été, pour la plupart, présentés en séance par leurs auteurs, ou insérés au Bulletin.

Grâce à l'aide de nos Présidents de Section et au zèle de nos Secrétaires techniques, je suis, ce soir, en mesure de préciser, par quelques chiffres, l'importance de ces travaux, en adoptant dès 1898 la répartition en six Sections.

Le nombre total de ces communications a été de 427, réparties entre :

La 1re Section : Travaux publics et privés	79	mémoires.
La 2e Section : Industrie des transports	81	—
La 3e Section : Mécanique et ses applications . .	86	—
La 4e Section : Mines et métallurgie	59	—
La 5e Section : Physique et chimie industrielles.	92	—
La 6e Section : Industries électriques	30	—
Total.	427	mémoires.

• Ces chiffres en eux-mêmes ne parlent pas à notre esprit ; on serait même tenté de considérer la part de certaines Sections comme bien restreinte au regard des autres. Mais aussi est-il pour certaines questions bien malaisé, sinon impossible de séparer l'objet final, transport, dans le cas de la traction électrique, par exemple, du moyen mis en œuvre qui est le moteur électrique. Le dépouillement de ces mémoires, véritable encyclopédie de l'art de l'Ingénieur au cours de la dernière décade, nous donne en raccourci l'histoire des progrès de l'industrie dans ce laps de temps : à mon grand regret, je ne puis même pas ébaucher devant vous les grandes lignes du travail auquel se sont livrés les Secrétaires techniques et dont je les remercie sincèrement. Le temps dont je dispose ne suffirait pas ; j'en retire seulement quelques notes générales sur les grandes lignes de l'évolution industrielle à laquelle nous venons d'assister.

Dans l'*appropriation* des diverses sources d'énergie, nous avons vu se réaliser les plus remarquables progrès. D'une part, la mise en valeur de nos chutes d'eau est venue, grâce à l'électricité, industrialiser toute une portion de notre pays qui semblait devoir rester uniquement le domaine des forestiers et des touristes. D'autre part, les études de nos mécaniciens et de nos chimistes ont permis de réaliser de nouveaux progrès dans l'emploi rationnel des combustibles les plus divers pour la production de la force motrice, vapeur ou gaz. Que de perfectionnements n'aurions-nous pas à relever ici, que ce soit dans la construction des générateurs à vapeur avec la surchauffe et l'étude rationnelle des accessoires de l'installation, ou dans l'établissement de gazogènes divers, ou dans l'emploi des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke, et enfin dans la production de l'alcool industriel, des benzols et des essences.

L'utilisation de ces sources d'énergie n'a pas été moins remarquablement perfectionnée. La turbine hydraulique était depuis longtemps adoptée lorsque la turbine à vapeur commença à faire son apparition ; aujourd'hui, cette dernière est largement vulgarisée, tandis que la turbine à gaz, encore dans le domaine de la théorie, donne seulement lieu à de nombreux essais de laboratoire. Les divers mélanges gazeux combustibles ont trouvé des appareils adaptés à leurs exigences pour l'utilisation de leurs propriétés détonantes. Successivement se sont perfectionnés les moteurs à gaz, dont la puissance dépasse aujourd'hui 2 500 HP, et les moteurs à pétrole, puis à essence ; parallèlement, nous admirons l'essor de l'automobilisme et les progrès de la navigation aérienne.

Dans le domaine des *travaux publics et privés*, nous assistons à la création successive de gigantesques ports puissamment outillés, dans l'ancien et le nouveau continent. L'utilisation toujours plus importante du ciment et du béton armé crée une véritable transformation dans cette branche de l'art de l'Ingénieur.

Les *transports* se perfectionnent par l'augmentation de la capacité des wagons de chemins de fer, l'accroissement du tonnage des navires, l'amélioration du trafic sur les canaux et rivières navigables, enfin, la rapidité de plus en plus grande du transport des voyageurs.

Les matières premières nécessaires à l'industrie, comme sa force motrice, nous sont fournies en grande partie par l'*industrie extractive*

Celle-ci a profité de nombreux perfectionnements, parmi lesquels il convient de citer le procédé de cimentage pour le fonçage des puits, l'emploi des pompes rotatives multicellulaires pour l'épuisement, l'expansion du remblayage hydraulique jointe au développement des applications de l'abatage mécanique par les marteaux à air comprimé.

La *métallurgie* traverse une période d'évolution : la soudaine entrée, dans la grande industrie, du four électrique, modifie bien des situations acquises et l'on aperçoit déjà l'orientation nouvelle de cette industrie en deux directions distinctes : les procédés électriques et les procédés thermiques proprement dits. Les nouveaux fours livrent au constructeur toute une série de nouveaux produits, aciers spéciaux, composés ternaires, métalliseurs, etc., qui viennent à leur tour en aide aux chercheurs de moteurs légers, constructeurs d'automobiles ou aviateurs, et à l'industrie chimique. Les essais des fers et des aciers prennent une importance, une précision et une vigueur toute scientifique, qui fait le plus grand honneur à nos ingénieurs et savants.

Dans le grand domaine de la *physique et de la chimie industrielle*, les applications des nouvelles découvertes, de l'électricité, ne se comptent plus. C'est la fabrication de l'acétylène et de ses nombreux dérivés; c'est déjà la fabrication des nitrates par la fixation de l'azote atmosphérique ou par d'autres procédés dont nous commençons à pressentir les développements futurs. Dans un autre ordre d'idées, nous avons à noter les perfectionnements des procédés de la distillerie, qui réalisent aujourd'hui scientifiquement la fermentation des vins et des cidres. Puis ce sont toutes ces découvertes relatives au radium et aux sels radioactifs qui nous font entrevoir un nouvel état de la matière. Enfin, les préoccupations des hygiénistes nous ont valu les travaux de distingués hydrologistes sur le régime des eaux.

Dans cette rapide revue, nous avons partout rencontré l'utilisation des phénomènes électriques pour la transformation de l'énergie. L'*industrie électrique*, aujourd'hui, ne se sépare plus de nos installations industrielles, elle est indispensable à tous et rend des services de plus en plus importants ; en dernier lieu, nous avons eu la télégraphie sans fil et la téléphotographie, mais l'on prévoit que son rôle va s'étendre et l'on peut déjà pressentir que le XX[e] siècle méritera d'être appelé le siècle des *transports de force*, comme son prédécesseur a été celui des *transports de matières*.

Il faut encore, pour être complet, rappeler tout ce qu'il a été réalisé de progrès dans la voie des questions sociales et combien l'enseignement professionnel, l'étude des modalités du salaire, l'amélioration des conditions hygiéniques des ateliers, et des habitations ouvrières, pour ne citer que ces trois points, ont été souvent l'objet de nos préoccupations. Mais je dois me borner.

L'étude de tous ces travaux, de tous ces perfectionnements et de bien d'autres encore, vous la trouverez dans les communications bimensuelles faites en séance et dans les discussions qui les accompagnent, dont notre Bulletin contient le compte rendu et la reproduction. Le rôle prépondérant joué par nos collègues dans les travaux réalisés, s'y trouve pleinement et justement mis en lumière.

Ce n'est pas un des moindres titres de la Société à l'estime publique que ces discussions au cours desquelles toutes les opinions peuvent se faire connaitre pour le plus grand bien de l'avancement général des sciences et le progrès de l'humanité et, l'on ne saurait trop le répéter. que les administrations publiques auraient le plus grand intérêt à consulter avant d'arrêter leurs règlements. En parlant de nos travaux et de notre Bulletin, il convient de rappeler ici le nom de celui qui rédige depuis 28 ans déjà la chronique et les comptes rendus : M. A. MALLET s'est consacré à cette tâche avec un dévouement absolu allié à une connaissance approfondie de toutes les questions, et nous devons lui exprimer nos remerciements pour sa collaboration si dévouée à l'œuvre technique de notre Société.

Il me reste un dernier point à mettre en lumière. Je veux parler de l'intérêt porté à notre Société par ses membres ou par leur famille, intérêt qui se trouve accusé par le nombre toujours croissant de fondations et de legs, institués au profit de la Société au cours des dix dernières années.

C'est d'abord le prix GOTTSCHALK, triennal, fondé par un de nos anciens présidents et destiné à récompenser le meilleur mémoire de mécanique industrielle. Ce sont ensuite les prix H. SCHNEIDER, fondés par la famille Schneider, en souvenir de son chef et conformément aux désirs du regretté maître de forges. En 1905, M. G. CANET, fonde un prix sexennal alternant avec une médaille également sexennale. La même année, la famille HERSENT fonde le prix Hildevert HERSENT. Enfin, en 1907, deux nouvelles donations qui nous ont permis de créer deux nouveaux prix : Emile CHEVALIER et Félix MOREAUX.

Le nombre total des prix à décerner par notre Société est ainsi de 11, donnant une moyenne annuelle de quatre à cinq prix. — Je saisis cette occasion pour renouveler à nos généreux donateurs l'expression de notre reconnaissance.

Vous avez voulu, mes chers collègues, qu'en ce jour de fête il soit remis, à chacun des membres inscrits dans la première décade d'existence de la Société, une médaille commémorative de notre soixantenaire. C'est à votre Président qu'incombe la mission de remettre ces souvenirs et c'est pour lui un singulier honneur d'être votre interprète en cette circonstance.

J'aurais voulu évoquer devant vous à cette occasion les carrières et titres de chacun de nos anciens, mais ces titres sont si nombreux, ces états de services si brillants, qu'il me faudrait, pour accomplir dignement cette tâche, un temps dont nous ne disposons pas. Vous trouverez dans la publication spéciale destinée à perpétuer le souvenir de la réunion de ce soir une note détaillée à ce sujet et je me borne ici à rappeler leurs noms et leurs principaux titres à votre admiration.

En 1848, année de la fondation, nous trouvons les noms de :

M. Paul DARBLAY, grand industriel, qui, non content d'avoir dirigé les superbes moulins de Corbeil, fondés par son père, développa et agrandit ensuite les papeteries d'Essonnes et les porta au plus haut degré de prospérité ;

M. J. DURENNE, qui a consacré son existence à la direction des Ateliers

de chaudronneries fondés par son père et en a fait un des établissements les plus importants dans ce genre d'industrie par la perfection de l'outillage et l'adoption des procédés modernes;

M. A. Germon : Il fait partie de la grande famille des constructeurs de chemins de fer; élève de Flachat et de Perdonnet, il a dirigé les ateliers du Nord, organisé la traction sur les lignes du Nord de l'Espagne et terminé sa carrière au service des Chemins de fer P.-L.-M.

M. P. Guérard a également consacré toute son activité au service des chemins de fer; après un apprentissage aux Bureaux de l'Ouest, il va diriger les études du matériel aux Chemins de fer de l'Est. En 1854, il entre aux Chemins de fer du Nord ; il y restera quarante et un ans, ne prenant sa retraite qu'en 1894 comme Ingénieur honoraire de la traction.

De telles existences offrent un remarquable exemple d'unité et de continuité qu'on est heureux de signaler au passage.

M. A. Le Cler, en sortant de l'École Centrale, débute aussi dans les chemins de fer, mais bientôt il va se consacrer à la création de polders et à des travaux d'irrigation qui ont rendu son nom célèbre. Aujourd'hui encore, directeur, depuis quarante ans, des polders de Bouin (Vendée), et président de la Société Française d'irrigation, M. Le Cler trouve le temps de présider le Conseil général de la Vendée et d'être maire de Bouin.

En 1849, nous trouvons :

M. E. Busschop, qui a consacré toute son existence aux perfectionnements des procédés de décoration architecturale par l'emploi de la céramique. Frappé de cécité, notre sympathique collègue ne peut pas assister à notre réunion.

M. L. Sautter, dont les beaux travaux dans le domaine de l'optique sont connus de nous tous. C'est par milliers que l'on compte les phares lenticulaires construits par ses soins sur les données de Fresnel et les projecteurs électriques construits en utilisant la machine à induction que Gramme venait d'inventer. On sait quelle est l'importance aujourd'hui de la maison qu'il a fondée il y a plus d'un demi-siècle.

Nous passons à l'année 1852, où nous trouvons d'abord le nom de notre vénéré doyen d'âge, M. J. Gaudry, qui fête à la fois aujourd'hui le soixantième anniversaire de la Société et le quatre-vingt-dixième de son âge. D'abord avocat, le goût des sciences l'attire irrésistiblement et il débute par le travail à l'atelier, pour faire toute sa carrière dans l'industrie des transports. Parmi ses travaux, je rappelle ici le mémoire de 1873 sur la Société des Ingénieurs Civils et le Siège de Paris, monument élevé au dévouement et au désintéressement montré par nos collègues pendant la guerre.

Viennent ensuite nos anciens présidents, MM. Molinos et Farcot. M. Molinos, a été président en 1873 et en 1896. Sa puissante activité a touché à toutes les branches du génie civil. Président des Aciéries de la Marine, Administrateur délégué de Gafsa président de la Société de Touage, j'en passe, car ils sont trop.

M. J. Farcot, dont les études sur les générateurs et les moteurs à vapeur, les organes de distribution et de régulation sont universellement connus, a été Président en 1879; nous eussions été heureux de pouvoir

lui remettre cette medaille aujourd'hui, mais, hélas, la mort inexorable est venue l'enlever à notre affection la veille de cette journée de fête et c'est à la famille de Joseph Farcot que nous remettons cette médaille : elle prendra sa place dans les archives de notre regretté et ancien Président.

L'année suivante, c'est M. F. Weil, le distingué chimiste, auteur de recherches remarquables sur les solutions de sels métalliques et le cuivrage direct de la fonte.

C'est enfin M. A. H. Kreglinger, dont toute la carrière a été consacrée en Belgique au développement de la métallurgie et des chemins de fer.

En 1855, je trouve les noms de M. E. Degousée, qui continua l'œuvre de son père, le grand sondeur de puits artésiens et qui fut un actif pionnier dans les mouvements de découvertes des richesses minérales en France et aux colonies françaises ;

M. I. Flachat, qui porte si dignement un nom vénéré parmi nous et qui est encore aujourd'hui, après cinquante-deux ans de service à la Société de Commentry-Fourchambault, d'abord comme Ingénieur, puis comme Administrateur, un des membres les plus écoutés du Conseil.

M. É. Boivin, membre depuis 1856, a fait toute sa carrière dans l'industrie sucrière. Il est aujourd'hui encore l'associé de l'importante maison Sommier.

M. Auguste Dallot, d'abord ingénieur de chemins de fer, fut précurseur en matière de constructions métalliques, en employant le premier en 1861, au pont de l'Escaut à Audenarde, des arcs métalliques en deux pièces, réunies au moyen de coins. Cette disposition est devenue aujourd'hui d'une application générale, les coins étant remplacés par une rotule dans les arcs en dessous sans tirants.

M. P. Coquerel a fait toute sa carrière dans les chemins de fer, d'abord à l'Est puis à la Ceinture, pour appliquer ensuite les ressources de son expérience à la construction et l'exploitation de nombreuses lignes d'intérêt local.

Avec M. G. Eiffel, notre ancien président, lauréat de l'Institut, dont les œuvres et les titres sont légion, on ne sait ce qu'il faut admirer davantage de la première partie de sa carrière consacrée aux célèbres travaux d'art qui se rencontrent dans toute l'Europe, ou de la seconde, où, renonçant aux lourdes charges des affaires, il se consacre tout entier à des travaux scientifiques dont récemment encore il offrait la primeur à la Société.

M. F. Ermel, professeur de construction de machines à l'École Centrale, qui a été le directeur de la fabrication des billets à la Banque de France et qui a contribué à des travaux analogues dans de nombreux pays étrangers.

M. J.-B. Fromantin s'est acquis une juste réputation par ses études sur les ponts et charpentes métalliques au P.-L.-M. Il fut fréquemment désigné pour l'étude de divers ouvrages d'art destinés à des Sociétés étrangères.

M. É. Michelet est également un spécialiste qui exécute dans ses ateliers parisiens des ornements métalliques des plus appréciés pour l'architecture.

M. H. Bouilhet, dont le nom reste attaché au développement des ateliers de la célèbre maison Christofle, fondée par son oncle, possède un goût éclairé et une haute compétence en matière d'art, qui l'ont désigné pour occuper entre autres les fonctions de vice-président de l'Union des Arts décoratifs. Il y a trois ans à peine, il présida à l'aménagement du superbe musée installé au pavillon de Marsan.

M. L.-P. Bourset est architecte. D'abord au service des Chemins de fer de l'Est, puis du Midi, il a construit la plupart des édifices des lignes de Bordeaux à Bayonne.

Le nom de M. A. Brüll, notre ancien président est bien connu de nous. Peu de carrières ont été mieux remplies que la sienne! D'abord Ingénieur dans les chemins de fer en France et en Espagne, puis directeur de mines dans le Pas-de-Calais, il ouvre ensuite à Paris son cabinet d'Ingénieur civil. Je ne puis que rappeler en passant ses nombreux travaux sur la dynamite, sur les transports par chaine flottante, son usine élévatoire de Khatatbeh, etc. Il est peu de questions qu'il n'ait examinées et solutionnées avec succès au cours de sa brillante carrière.

M. J. de Coëne, qui réside à Rouen, a fondé en France l'association normande pour prévenir les accidents du travail et l'association normande des propriétaires d'appareils à vapeur, les deux premières de ce genre constituées en France. Il a pris une part importante à toutes les études et discussions relatives au régime des chemins de fer, des ports et des canaux.

M. Ch. Gallaud a fait toute sa carrière dans les services des grandes compagnies de chemins de fer et fut en dernier lieu chef du service central de la Ceinture de Paris.

M. J. Imbs, le savant professeur de tissage et filature au Conservatoire des Arts et Métiers, est ancien élève de l'Ecole Centrale. Membre de notre Société depuis 1858, il a consacré sa vie à des études technologiques qui lui ont acquis une haute et légitime autorité.

M. P. Marle a débuté dans les ateliers et bureaux d'études pour ensuite diriger les services du jour de l'importante société des mines de Blanzy. Pendant 31 ans, M. Marle a développé successivement les ateliers de lavage et de carbonisation de la houille et les fabriques d'agglomérés.

M. A. Petitjean, ingénieur de sociétés de navigation, qui sut, dans des circonstances difficiles, affirmer et faire reconnaître les droits de la France dans une exposition à l'étranger.

M. X. Ribail donne également un bel exemple d'unité par sa vie tout entière passée au service des chemins de fer de l'Ouest, dont il est aujourd'hui l'Ingénieur en chef honoraire, après avoir pendant 41 ans gravi tous les échelons de la carrière. Le premier, en 1855, il substitua la houille au coke dans le chauffage des locomotives.

Enfin M. A. Mallet, dont j'ai plus haut rappelé les titres éminents, reçu en 1859, secrétaire de 1873 à 1879, inventeur-auteur de l'application du compoundage aux locomotives et de bien d'autres applications techniques.

Aux Fondateurs et anciens Membres,

A vous tous, mes chers collègues, présents ou absents, auxquels cette

médaille était destinée, j'adresse mes sentiments de profonde et sincère affection. *(Applaudissements prolongés.)*

Et maintenant, Messieurs, j'ai terminé et je vous demande d'écouter notre éminent collègue, M. J. Carpentier, qui a bien voulu venir exposer devant nous les procédés de la photographie des couleurs.

M. J. Carpentier, membre de l'Académie des Sciences, a bien voulu venir aujourd'hui, pour cette séance tout à fait exceptionnelle, nous donner sa communication sur *La Photographie des couleurs par les procédés les plus récents de MM. Lumière frères*. Déjà hier, M. Carpentier nous avait rendu le grand service de mettre à notre disposition le premier appareil qui ait été construit d'une façon pratique pour la transmission de la photographie à distance. Je remercie M. Carpentier en votre nom *(applaudissements)*, et je lui donne la parole. »

M. J. Carpentier a la parole pour sa communication sur *La Photographie des couleurs par les procédés Auguste et Louis Lumière* (1).

M. Carpentier rappelle les principes de la photographie. Dès l'apparition des premières images obtenues par ce procédé, la question de la reproduction des couleurs fut immédiatement posée. Elle ne cessa plus de préoccuper le public et donna lieu à de nombreuses recherches. Mais, en dehors de la géniale invention de Lippmann dans un ordre d'idées tout différent, aucun résultat pratique n'avait été obtenu jusqu'à l'apparition de la méthode dont il va être parlé.

La méthode dont il s'agit, dite méthode indirecte, est basée sur ce fait qu'en mélangeant judicieusement trois couleurs élémentaires on peut obtenir toutes les teintes désirables. Ducos de Hauron et Ch. Cros en avaient eu l'idée simultanément dès 1869; mais il a fallu près de 40 ans pour que l'outillage photographique se perfectionnât au point de permettre la réalisation de la solution entrevue.

La méthode indirecte consiste dans une analyse des couleurs élémentaires de l'image suivie d'une synthèse reproduisant la coloration naturelle.

L'analyse se fait en prenant successivement trois photographies au travers d'écrans placés derrière l'objectif et colorés en orangé, en vert et en violet, et ne laissant passer que les rayons de la couleur correspondante. En combinant convenablement les trois images obtenues on reconstitue la coloration du modèle. Mais ce procédé nécessite des manipulations très délicates. Celui dont il s'agit maintenant ne comporte qu'une seule exposition et que des manipulations faciles.

On peut imaginer que la plaque « autochrome » est une sorte de vitrail à très petits éléments, colorés les uns en orangé, les autres en vert ou en violet, et uniformément répartis. Les éléments sont tellement petits que l'œil ne peut pas arriver à les distinguer : il en résulte que les trois fibres lumineuses, orangé, vert et violet, issues de trois éléments voisins, produisent sur la rétine une impression de lumière blanche.

Si on bouche les éléments correspondant à deux des teintes élémentaires, on a immédiatement la sensation de la troisième.

Si on bouche une des teintes seulement, on a la sensation correspondant au mélange des deux autres.

(1) Voir Bulletin de juin 1908.

Enfin, si, au lieu de boucher complètement, on atténue seulement la valeur des trois éléments, on peut obtenir toutes les teintes.

La photographie va se charger de ce dernier travail. Le vitrail, constitué comme il est dit ci-dessus, est recouvert d'une couche de gélatino-bromure d'argent du côté opposé à celui par lequel entre la lumière.

Sur un point donné de la plaque tombe un rayon de lumière ne contenant, par exemple, pas d'orangé, et contenant deux fois plus de vert que de violet. L'élément orangé ne laissant rien passer, le bromure d'argent placé en arrière ne sera pas attaqué ; l'élément vert, au contraire, laissera passer le maximum de lumière et l'attaque du bromure d'argent correspondant sera complète ; enfin, derrière l'élément violet, le bromure d'argent se trouvera attaqué partiellement.

Le traitement chimique ultérieur devra donc avoir pour effet de noircir le bromure non attaqué et d'éliminer partiellement ou totalement le bromure attaqué plus ou moins par la lumière.

Pour constituer le vitrail microscopique de leur plaque, MM. Lumière se sont servis de grains de fécule de 0,01 mm de diamètre. Le triage, la teinture, le mélange de ces grains microscopiques, leur juxtaposition sur la plaque, le laminage, etc., paraissent des opérations irréalisables ; elles se font pourtant mécaniquement. On recouvre ensuite le vitrail ainsi constitué d'une couche de gélatino-bromure et on expose la plaque à l'envers.

M. Carpentier donne quelques renseignements sur le traitement chimique qu'il convient de faire subir à la plaque pour arriver au desideratum indiqué ci-dessus : dissoudre le bromure attaqué et noircir plus ou moins celui qui n'a subi l'action de la lumière que d'une manière partielle ou nulle.

M. Carpentier fait enfin ressortir combien la réalisation d'un tel problème prouve de science, d'ingéniosité et de ténacité. C'est un succès de plus pour MM. Auguste et Louis Lumière. *(Applaudissements.)*

Cette communication a été suivie d'une série de projections de vues en couleurs très remarquables, obtenues par différents opérateurs avec les plaques autochromes Lumière. Elles montrent, notamment, que le procédé permet des interprétations où se reconnaissent les différents artistes qui ont bien voulu communiquer leurs clichés.

M. le Président dit qu'il se fait l'interprète de tous les collègues présents en demandant à M. Carpentier de transmettre à MM. Lumière nos sincères remerciements et nos félicitations. Nous avons été émerveillés et vivement intéressés. *(Nouveaux applaudissements.)*

La séance est levée à 6 heures trois quarts.

L'un des Secrétaires techniques,
H. Dufresne.

COMPTE RENDU

DE LA

CÉLÉBRATION DU SOIXANTENAIRE

15 et 16 mai 1908.

La Société des Ingénieurs Civils de France, fondée le 4 mars 1848, compte actuellement plus de 3 600 Membres répartis dans toutes les parties du monde. Son Président est, cette année, M. E. Reumaux, Directeur général des Mines de Lens.

Un certain nombre de ses Fondateurs existent encore : ce sont MM. J. Durenne, P. Darblay, A. Germon, A. Le Cler, P. Guérard, qui débutèrent dans la carrière d'Ingénieur civil sous la direction de M. E. Flachat.

Des fêtes en l'honneur de ces fondateurs et des sociétaires les plus anciens ont eu lieu le vendredi 15 mai, à 8 heures trois quarts du soir (séance ordinaire), le samedi 16 mai, à 5 heures du soir (séance extraordinaire) et le samedi 16 mai, à 7 heures et demie du soir (banquet à l'hôtel Continental).

En outre, le dimanche 17 mai, à 8 heures et demie du matin, devait avoir lieu, sur le terrain d'Issy-les-Moulineaux, une séance exclusivement consacrée à l'aviation. Mais MM. Delagrange et Farman ayant quitté Paris, et les appareils de MM. Blériot et Esnault-Pelterie n'étant pas absolument prêts, cette séance a dû être supprimée.

Les séances du vendredi 15 mai et du samedi 16 mai ont fait l'objet des procès-verbaux réglementaires et sont résumées ci-après.

SÉANCE DU 15 MAI 1908

1° M. G. Cerbelaud, ancien Secrétaire du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France a parlé de la phototélégraphie, montré quel est le principe des appareils étudiés jusqu'à présent, décrit les nouveaux appareils et fait connaitre les difficultés à surmonter ainsi que les résultats obtenus, qui semblent assez encourageants. C'est ainsi que le journal *l'Illustration*, depuis un certain temps déjà, transmet tous les jours, au *Daily Mirror*, des vues prises à Paris et qui sont reproduites le lendemain même à Londres ;

2° M. Marette, Ingénieur attaché à la maison Pathé frères, a fait une conférence sur la Phonocinématographie (combinaison du phonographe

avec le cinématographe). Il a montré quelles ont été les difficultés à vaincre pour réaliser le synchronisme de ces deux appareils;

3° M. le capitaine Couade a montré quels ont été les procédés employés pour réaliser ce desideratum : commande synchronique à distance de deux appareils, procédés qui peuvent être féconds en applications de toute nature.

SÉANCE EXTRAORDINAIRE DU 16 MAI 1908

La séance du samedi 16 mai a eu lieu à 3 heures du soir.

Sur une estrade, décorée du buste de Flachat, avaient pris place les fondateurs dont les noms sont rappelés ci-dessus, un certain nombre d'anciens Membres comptant cinquante années et plus de sociétariat, parmi lesquels trois anciens Présidents (MM. L. Molinos, G. Eiffel et A. Brüll), les Membres du Bureau et du Comité en exercice.

M. le Président Reumaux, dans une allocution des plus touchantes, a rappelé tout d'abord le rôle joué par les Fondateurs et par la Société elle-même pendant cinquante ans. Il a montré ensuite les progrès accomplis depuis dix ans, c'est-à-dire depuis l'époque à laquelle a été fêté le Cinquantenaire. Il a terminé en remettant à chacun des Fondateurs et plus anciens Membres une médaille frappée au coin de la Société des Ingénieurs Civils de France et spécialement destinée à chacun d'eux.

A la suite de cette cérémonie de famille, M. J. Carpentier, le constructeur électricien si connu par ses nombreux appareils de précision, Membre de l'Académie des Sciences et ancien Membre du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France, a fait une conférence sur la « Photographie des couleurs », qui a été des plus intéressantes, et il a terminé en faisant projeter des clichés qui ont valu, tant à MM. Lumière, inventeurs de la plaque autochrome, qu'aux amateurs qui en ont tiré des résultats très artistiques, des applaudissements unanimes.

BANQUET DU SAMEDI 16 MAI 1908

Un grand nombre de Présidents et représentants de Sociétés et Écoles scientifiques et techniques françaises et étrangères et des représentants de la presse avaient été conviés au banquet du samedi 16 mai, qui a eu lieu à l'hôtel Continental sous la Présidence de M. E. Reumaux, Président de la Société.

Quelques-uns des invités, dans l'impossibilité de se déplacer, avaient écrit pour exprimer leurs remerciements et leurs regrets.

M. le Président a donné connaissance d'un certain nombre de lettres émanant des Sociétés ou personnes suivantes :

Angleterre. — Institution of Civil Engineers — Institution of Electrical Engineers — Institution of Mechanical Engineers — Institution of Mining and Metallurgy — Iron and Steel Institute — Junior Institution of Engineers — Society of Engineers.

Autriche-Hongrie. — Société des Ingénieurs et Architectes Hongrois.

Belgique. — Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain — Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore — Union des Ingénieurs sortis de l'École des Mines de Mons.

Espagne. — Association des Ingénieurs industriels.

États-Unis. — American Institute of Mining Engineers; — American Society of Civil Engineers; — American Society of Mechanical Engineers; — American Institute of Electrical Engineers; — Boston Society of Civil Engineers.

Hollande. — Institut royal des Ingénieurs Néerlandais.

Russie. — Société des Ingénieurs Russes des Voies de communication.

M. M. C. A. Parsons et S. E. le prince Hilkoff, Membres d'honneur.

Il a également donné lecture des télégrammes ci-après reçus au moment du banquet :

De M. Belelubsky, Membre d'honneur :

« Félicitations sincères, vœux cordiaux ».

De la Société Impériale Technique Russe :

« Société Impériale Technique russe félicite cordialement son aîné
» confrère au jour du soixantenaire de son activité brillante et souhaite
» chaleureusement futurs succès et prospérité, remercie tout cœur
» aimable invitation et regrette impossible venir.
» Président Kowalewsky ».

De la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens :

» A l'occasion du soixantenaire de la fondation de votre Société, nous
» vous présentons les sincères et cordiales félicitations de notre Société.
» Président Klaudy Popp ».

De la Société Belge des Ingénieurs et Industriels :

« Le Président et les Membres de la Commission administrative de
» la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels adressent leurs plus
» chaleureuses félicitations à la Société sœur à l'occasion du soixante-
» naire de sa fondation et forment des vœux pour la continuation de sa
» prospérité.
» Président Greiner ».

De la Junior Institution of Engineers, d'Angleterre :

« President Council of Junior Institution of Engineers offer heartlest congratulations on the sixtieth anniversary of your Institution. »
» Président G. Canet ».

De la Société des Ingénieurs Suédois :

» Meilleures félicitations à l'occasion du soixantenaire de la fon-
» dation de votre Société ».

Indépendamment des anciens Présidents de la Société, des membres du Comité, des conférenciers dont les noms sont rappelés ci-dessus, et des orateurs dont les noms sont cités à l'occasion des toasts reproduits ci-après, on remarquait notamment aux tables d'honneur :

M. Bertin, ancien Directeur du Génie Maritime, Membre d'honneur; M. Guillain, ancien Ministre, Président de l'Union des syndicats d'Électricité; M. Nivoit, Président du District Parisien de la Société de l'Industrie Minérale; M. Gruner, Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale; M. E. Bréhier, Vice-Président du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs; M. Michaud, Vice-Président de la Chambre de Commerce de Paris; M. Moyaux, Président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège; M. Deslandres, Membre de l'Institut, Président de la Société française de Physique; M. I. Flachat, Membre de la Société depuis 1855; M. Manoury, Président de l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie; M. Belmère, Président de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers; M. Flamache, Président de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand; M. Haller, Membre de l'Institut, Directeur de l'École de Physique et de Chimie industrielles; M. Richou, Président de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures de Paris; M. Chevalier, Président du Groupe de Paris de la même Association; M. Noack-Dollfus, ancien Vice-Président de la Société Industrielle de Mulhouse; M. Coze, Président de la Société Technique de l'Industrie du Gaz; M. G. Richard, représentant l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Supérieure des Mines; M. Dallot, Membre de la Société depuis 1856; M. Fougerolle, Président du Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics; M. Racapé, Vice-Président de la Société des Diplômés de l'École Spéciale d'Architecture; M. Boucherot, Président de la Société Internationale des Électriciens; M. Rousseau, Secrétaire Général de la Société des Ingénieurs Coloniaux; M. Ermel, Membre de la Société depuis 1856; M. Marteau, Président de la Société Industrielle de Reims; M. Voisin; M. Blériot; M. Esnault-Pelterie; M. Martinot, Secrétaire Général de l'Association des personnels des Travaux Publics; M. Petitjean, Membre de la Société depuis 1855; M. Vayssettes (Agence Havas), M. Carbonelle (Liberté), M. Honoré (Illustration), M. A. Dumas (Génie Civil), M. Regis Gignoux (Figaro), M. H. Grenet (Débats), M. Troller (Nature), M. de Montarlot (Monde Illustré), M. Cerbelaud (Journal), etc., etc.,

L'un des Secrétaires Techniques,
H. Dufresne.

TOAST DE M. E. REUMAUX

Président de la Société des Ingénieurs Civils de France

Messieurs,

Lorsqu'en 1898 les fêtes du Cinquantenaire de notre Société réunirent comme ce soir une brillante assistance de Collègues et d'amis, M. le Président A. Loreau sut, en termes charmants, remercier chacun du succès d'une fête dont il était le principal artisan. J'aime à évoquer ce souvenir, il rappelle une date marquée d'une pierre blanche dans nos Annales. C'est surtout depuis lors que nos relations avec les sociétés françaises et étrangères qui poursuivent le même but se resserrèrent et prirent un caractère de cordialité dont nous nous réjouissons : — revoir nos amis, leur exprimer notre admiration pour leur œuvre, pour leur activité scientifique, les prier de se joindre à nous dans la cordialité de trop courts instants consacrés à l'hospitalité. C'étaient là des motifs suffisants pour décider notre Comité à fêter son soixantenaire, cet âge de l'adolescence des sociétés. — Mais, mes chers Collègues, laissez-moi dire à nos invités, nos confrères et amis, Français et étrangers, qu'il y avait encore pour nous une raison intime, si je puis ainsi dire.

Nous formons à la Société des Ingénieurs civils de France une grande famille profondément unie dans un commun désir de progrès, dans une commune solidarité d'études ; comme toutes les familles heureuses et prospères, la nôtre aime à célébrer ses anniversaires, et surtout à honorer et fêter ses anciens.

Les Collègues que nous avons la joie de fêter appartiennent à la pléiade de jeunes et brillants Centraux qui ont fondé notre Société : c'était à l'aurore de ce vigoureux élan vers les fabrications industrielles, qui caractérisa la seconde moitié du XIXe siècle. L'esprit d'entreprise s'affirmait ; l'initiative privée, plus libre d'entraves, plus sûre d'elle-même abordait hardiment de grands travaux publics, outillait des usines, constituait nos admirables Compagnies de chemins de fer, dont la forte organisation et le solide patrimoine sont aujourd'hui l'honneur et la fortune de notre pays ; de toutes parts, on demandait à la science des directions ; le rôle du génie civil commençait ; l'ingénieur apportait à l'industrie, adaptait à ses besoins les découvertes des géomètres, des chimistes et des physiciens, il apportait aussi des méthodes sûres et son esprit critique. Habile à utiliser les réserves d'énergie de la nature et en discipliner le concours, il leur imposait les lourdes tâches et réservait l'effort intelligent à la coopération de l'homme, dont il relevait et ennoblissait le travail. C'est ainsi que l'œuvre du génie civil embrassa peu à peu les domaines divers des applications de la science ; son action associée aux incessants progrès de l'industrie, transforma notre pays.

puis franchit notre frontière : nos ingénieurs portèrent à l'étranger leur savoir et leur expérience et créèrent ces courants d'affaires, cette solidarité d'intérêts, cette cordialité de relations, ces rapports avec les sociétés techniques étrangères, qui atténuent les rivalités et apprennent aux peuples à s'entr'aider et à s'estimer.

Vous êtes venus nombreux, Messieurs les délégués étrangers, pour nous apporter, au nom des grandes Sociétés scientifiques que vous représentez, un vivant témoignage de la sympathie éprouvée pour notre œuvre; nous vous en remercions cordialement, en vous adressant nos meilleurs souhaits de bienvenue.

Messieurs les délégués français, votre présence ici nous rappelle une fois de plus qu'entre sociétés poursuivant des buts désintéressés, il n'existe qu'une seule rivalité, celle de faire mieux dans l'intérêt général, lutte féconde en ses résultats et qui ne connaît pas de vaincus, mais seulement des vainqueurs ; nous vous adressons notre salut cordial et nos vœux de prospérité sincère.

Je salue avec respect M. Bertin, cet Ingénieur éminent que notre Société est fière de compter parmi ses membres d'honneur. Je suis heureux de voir à cette table le savant et habile directeur de l'École Centrale, notre ancien Président, M. Buquet. De nombreux et intimes souvenirs rattachent notre Société à l'École Centrale, qui a su toujours marcher en tête dans la voie du progrès, développer et renouveler son enseignement en le mettant constamment à la hauteur des exigences nouvelles de l'industrie et garder ainsi un haut rang parmi les établissements d'enseignement technique supérieur.

J'adresse mes remerciements à nos conférenciers : M. Carpentier, membre de l'Académie des Sciences, MM. Cerbelaud, Couade, Marette, qui nous ont tour à tour charmés par l'ingéniosité de leurs aperçus, le talent de leur exposé, la nouveauté des idées et la beauté des projections.

Je remercie également MM. les Représentants de la Presse pour l'aimable concours qu'ils nous ont donné dans ces journées de fête.

Enfin, Messieurs, pour assurer le succès d'une pareille réunion, nous savons tous ce qu'il faut de soins, de précision, d'esprit organisateur et de dévouement. Toutes ces qualités, nous les avons trouvées chez notre sympathique Secrétaire Administratif, M. de Dax, ainsi que chez nos Secrétaires Techniques ; je tiens à les en remercier sincèrement ici.

Messieurs,

Je vous demande de lever votre verre à la santé de nos Fondateurs. L'un d'entre eux, M. Durenne, a bien voulu prendre place ce soir à notre table, aux côtés de votre Président. Je souhaite qu'il conserve longtemps cette verdeur dans la vieillesse qui fait notre admiration. Nos vœux de santé vont aussi aux vingt-quatre collègues dont nous fêtons aujourd'hui les noces d'or de sociétariat, et parmi lesquels nous sommes heureux de compter nos anciens Présidents : MM. Molinos, Eiffel et Brüll.

Je porte un toast à la santé de nos membres d'honneur et à M. le Directeur de l'Ecole Centrale.

Je lève mon verre en l'honneur des délégués français, représentants de nombreuses Sociétés techniques diverses, industrielles, commerciales ou agricoles, qui sont la gloire de notre pays et le vivant témoignage de son activité féconde.

Enfin, Messieurs, je bois à la santé des délégués étrangers et à la collaboration féconde des diverses nations dans la voie du progrès.

TOAST DE M. J. DURENNE,

Membre Fondateur,

Messieurs et chers Collègues,

Comme l'un des doyens et au nom des fondateurs vivants de la Société des Ingénieurs Civils de France, je désire vous dire quelques mots à l'occasion de notre fête du soixantième anniversaire de notre fondation, mais, le programme se trouvant très chargé, je serai donc bref.

Tout d'abord, permettez-moi, tant en mon nom personnel qu'en celui de mes Collègues fondateurs, de remercier Monsieur le Président et Messieurs les Membres du Comité de l'honneur tout particulier qui nous est fait par la remise d'un souvenir de cette fête, souvenir dont nous apprécions toute l'importance, comme une marque de sympathie et d'estime, souvenir que conserveront nos enfants, petits-enfants et arrière-petits-enfants.

Je ne m'étendrai pas, mes chers Collègues, sur l'origine et le but de notre Société, vous les connaissez tous.

Les débuts furent difficiles, les adhésions lentes à se produire, mais bientôt les travaux et les mémoires importants de nos Ingénieurs distingués, puis le zèle et le dévouement de tous nos Collègues firent apprécier l'importance que prenait notre Société, qui eut bientôt un retentissement universel.

C'est avec une satisfaction de chaque jour que nous avons assisté aux progrès toujours croissants de l'industrie, des sciences, des nouvelles découvertes et de leurs applications industrielles.

Notre tâche est remplie, c'est aux jeunes à la continuer.

Nous sommes heureux d'avoir été les pionniers autour desquels vous êtes venus vous grouper pour former cette phalange de travailleurs constituant le noyau de notre Société, et d'avoir pu jouir d'une longévité qui nous permet aujourd'hui d'assister à cette fête de famille du soixantenaire de notre Société et d'avoir, dans notre faible mesure, contribué à sa prospérité, qui poursuivra, nous n'en doutons pas, sa marche toujours progressive.

Je lève mon verre en l'honneur de Monsieur le Président et de vous tous, mes Collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France.

TOAST DE M. P. BUQUET,

Directeur de l'École Centrale, Président en 1892.

Messieurs et chers Collègues,

C'est pour répondre à l'invitation si gracieuse et si pressante de notre aimable Président que je viens prendre la parole, dans la pensée que l'École Centrale ne saurait garder le silence dans une fête comme celle qui nous réunit ce soir et qui n'est pas sans nous faire éprouver un certain sentiment de fierté que vous voudrez bien nous pardonner.

C'est à l'École Centrale, en effet, que, dès 1840, a germé l'idée d'établir des liens entre les Ingénieurs civils, de donner à cette profession, non encore cataloguée, une personnalité officielle; mais la chose n'était point mûre et ce n'est qu'en 1848, sous l'empire des préoccupations du moment, des incertitudes sur la place que le nouvel ordre de choses ferait à l'Ingénieur civil, que ce projet fut repris par l'ancien Comité de 1840 : MM. Laurens, Alcan, Priestley, Léon Thomas, Callon et Faure et mis au point dans un amphithéâtre de l'École, avec le bienveillant concours du directeur, M. Lavallée.

Vous connaissez tous notre histoire et je n'insiste pas. Mais il est un point sur lequel je m'arrête : c'est que nos anciens, dans un esprit libéral, tout de loyauté, de haute raison qui les animait, ont compris dès le premier jour que, quand on crée une œuvre comme celle à laquelle ils allaient attacher leur nom, quand on prétend la faire durable et utile, il faut en ouvrir largement les portes à toutes les capacités et à toutes les énergies, recourir au concours des hommes dont les travaux et l'honorabilité personnels avaient déjà conquis le monde entier. C'est alors que nos anciens — et nous sommes heureux de saluer respectueusement ceux qui les représentent parmi nous, — c'est alors que nos anciens ont eu l'idée de se mettre sous l'égide de l'éminent Ingénieur Flachat et de ses collaborateurs.

C'est à ce sentiment si honorable, à cette largeur de vues, à cette prescience de l'avenir que l'École Centrale rend surtout aujourd'hui un hommage reconnaissant et respectueux; ces principes sont restés les siens; chez nous, pas de particularisme, pas de petites églises, place à tous les mérites d'où qu'ils viennent.

C'est pour rester fidèle à cet esprit que, dans un sentiment de franche et loyale confraternité et au nom de l'École Centrale, je bois à l'entente de plus en plus cordiale entre les Ingénieurs civils de toute origine et lève mon verre en l'honneur de notre très distingué Président, M. Reumaux, ancien élève de l'Ecole Supérieure des Mines.

TOAST DE M. L. MOLINOS,

Membre depuis 1852 et Président en 1873 et en 1896.

Mes chers Collègues,

Notre Président a été sans pitié pour moi; il n'a pas craint de troubler le grand bonheur que j'éprouve à me trouver ce soir au milieu de tant de chers Collègues et de vieux amis en m'imposant le petit supplice vulgairement connu sous le nom de speech ou de toast. Il faut m'exécuter. Alors, en ma qualité d'ancien Président et d'un des plus anciens Membres de la Société, je vous demande la permission de vous faire part en peu de mots des sentiments qu'éveille en moi la solennité qui nous réunit.

J'ai, mes chers Collègues, le privilège, que vous ne m'envierez pas, de pouvoir reporter mes souvenirs à soixante ans en arrière, à l'époque de la fondation de cette Société dont je devais faire partie trois ans après.

Quand je compare la situation de cette Société au moment de sa naissance, bien vivante et vigoureuse, sans doute, mais si petite, si embryonnaire encore, à la puissante organisation que nous pouvons contempler aujourd'hui, j'éprouve un sentiment de grande joie et de profonde émotion.

Le succès de notre Société a eu deux causes, qui sont d'ailleurs, d'une manière générale, la condition de tous les succès. La première, c'est la justesse de l'idée : c'était une œuvre utile, nécessaire même, que de fonder une association qui permît à tous les Ingénieurs, de toutes provenances, de se réunir, de se connaître, de se communiquer leurs travaux, de s'entretenir des intérêts généraux de la profession et de les défendre au besoin avec autorité.

La seconde cause, conséquence sans doute de la première, a été le dévouement que la Société a inspiré à tous ses Membres, dévouement même souvent passionné.

On vous a parlé, en maintes occasions, de ces temps héroïques où nos illustres fondateurs, notamment Eugène Flachat, Petiet, C. Polonceau, Forquenot et autres, en même temps qu'ils prenaient une si grande part à la création de nos chemins de fer, que, sous la conduite d'Eugène Flachat, ils bouleversaient notre métallurgie et toutes nos industries par l'introduction du métal dans les constructions, trouvaient le temps de suivre assidûment les séances de la Société, de s'en partager la présidence, d'assurer ses travaux en payant largement de leur personne, d'appeler même le concours d'Ingénieurs et de savants qui ne pouvaient être des nôtres, comme Philippe et Lechatelier, lui montrant en un mot un infatigable dévouement.

Eh bien, ces illustres fondateurs ont fait école, ils ont créé une tradition et, après eux, chacun selon ses forces s'est efforcé de les imiter. Cette tradition, elle se résume aujourd'hui en notre éminent Président

Reumaux et il vous prouve qu'il n'est pas disposé à la laisser perdre. Nous lui sommes tous très profondément reconnaissant du zèle si éclairé, de la haute compétence, de l'autorité avec lesquels il préside aux destinées de notre Société, et je suis certain, mes chers Collègues, d'être l'écho de vos sentiments unanimes en lui adressant nos chaleureux remerciements et en vous proposant de boire à sa santé.

TOAST DE M. ALFRED PICARD,

MEMBRE D'HONNEUR,

lu en son nom par M. E. Barbet, Vice-Président de la Société.

M. E. BARBET s'exprime ainsi :

MESSIEURS,

Si je me lève ce soir, c'est uniquement pour être le porte-voix de M. Alfred Picard, qui regrette infiniment de ne pas pouvoir assister à notre banquet et nous a invités à bien vouloir donner communication à nos Collègues des vœux qu'il fait pour la Société des Ingénieurs Civils de France. Permettez-moi de parler au nom de M. Alfred Picard, en vous lisant la lettre qu'il a adressée à notre Président.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Vous avez bien voulu me convier au banquet de la Société des Ingénieurs Civils de France, puis me demander d'y prendre la parole au nom des membres d'honneur. J'avais accepté la première invitation et je me proposais de déférer à la seconde. C'est malheureusement compter sans les retours offensifs d'une laryngite obstinée. Me voici contraint de vous présenter mes excuses et d'avouer, par surcroît, que l'imprévoyance ne constitue pas un apanage de la jeunesse.

A peine est-il besoin de dire mon profond regret. Il m'eût été particulièrement agréable de me faire l'interprète modeste, mais fidèle et convaincu, des sentiments unanimes de mes collègues, d'apporter à l'*Alma Mater* leur hommage respectueux et leur tribut d'admiration, d'affirmer bien haut la fierté qu'ils éprouvent à occuper une place dans les rangs de la Société des Ingénieurs Civils de France, d'attester la vive reconnaissance dont ils sont pénétrés pour la cordiale bonté avec laquelle votre grande Compagnie les a toujours accueillis et les associe, en ce jour, aux solennités commémoratives de son soixantenaire.

Que de progrès réalisés grâce aux générations d'Ingénieurs civils qui se sont succédé pendant cette période de soixante ans ! Que de conquêtes dans le domaine de la science et de l'industrie ! Que d'étapes glorieuses jalonnant la carrière de votre Société depuis sa naissance ! Que de succès certains dans l'avenir ! Soixante ans, c'est beaucoup plus que l'âge canonique d'un homme ; c'est à peine l'adolescence d'une institution aussi

robuste que la vôtre. Les moissons futures s'annoncent plus abondantes et plus riches encore que les moissons passées. Vous pouvez avoir une foi inébranlable dans la bonne fée qui veilla sur le berceau de la Société, guida ses premiers pas, écarta les ronces de sa route, la conduisit à son entier épanouissement; elle saura vous tresser de nouvelles couronnes.

Dignes fils de la vieille terre gauloise, les membres de la Société ne se sont pas bornés à témoigner de leur culte patriotique en jetant sur le pays le lustre de brillants travaux, d'inventions utiles, de découvertes fécondes, en augmentant sans relâche le patrimoine national, en étendant le rayonnement de la France sur tous les points du globe. Leurs visées ont été plus nobles et plus élevées, s'il est possible : ils ont mis le clair génie de notre race au service de la civilisation générale, de l'humanité, accompli une œuvre de solidarité et de fraternité mondiales.

Si les circonstances ne m'avaient pas éloigné de la fête magnifique à laquelle vous présidez ce soir, je me fusse, malgré ma confusion de parler au nom des membres d'honneur, félicité de ce que cette charge incombât à un Ingénieur de l'État. Jadis des esprits chagrins tentaient d'ouvrir un fossé entre les Ingénieurs des administrations publiques et leurs confrères. Vains efforts ! Jamais un souffle de discorde n'est parvenu à nous séparer. Il n'y a pas eu d'occasion où nous ne nous soyons tendu affectueusement la main. Certes, nous suivons des voies différentes : les uns, enserrés dans les liens d'une hiérarchie étroite, s'acquittant d'une tâche rigoureusement définie, consacrant à l'État toutes les ressoures de leur intelligence et de leur savoir, résolus par avance à pratiquer l'abnégation personnelle et le renoncement; les autres, dont le lot n'est pas le moins enviable, gardant leur liberté, leur indépendance, leur initiative, dans la mesure compatible avec les nécessités matérielles de l'existence. Mais, bien que les hasards de la vie nous empêchent de marcher côte à côte, nous poursuivons cependant le même idéal : remplir vaillamment notre devoir d'hommes et de citoyens, concourir de notre mieux au bien général, conserver et accroître le legs scientifique et professionnel de nos devanciers pour le remettre pieusement à nos successeurs.

Je me reprocherais, Monsieur le Président, de ne pas ajouter un mot personnel, afin d'exprimer toute la joie que je ressens à vous voir incarner la Société des Ingénieurs Civils de France, vous, l'un des maitres les plus éminents de l'art des mines. Récemment, nous collaborions, sous la haute présidence de M. Émile Loubet, pour le soulagement d'infortunes engendrées par une cruelle catastrophe. Chacune de nos réunions me laissait sous l'impression et le charme plus vifs des inappréciables qualités de votre esprit et de votre cœur.

Permettez-moi de terminer cette trop longue lettre, comme je l'ai commencée, par un hommage à la Société des Ingénieurs Civils de France. Vers elle vont aujourd'hui tous les vœux des membres d'honneur.

A ces vœux se joignent des souhaits sincères et chaleureux pour le bonheur du Président et de ceux qui lui sont chers.

TOAST DE M. LE MARQUIS DE VOGÜÉ,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE,
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES AGRICULTEURS DE FRANCE.

MESSIEURS,

J'ai la très agréable mission de remercier M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France et les Membres de cette Société, au nom de toutes les Sociétés et Associations françaises conviées ce soir à cette grande et cordiale réunion. La liste en est très longue, si large a été votre hospitalité. Ne pouvant citer tous les noms, vous m'excuserez de n'en citer aucun, et de les grouper sous un seul titre, comme je groupe en un seul faisceau les sentiments dont je suis chargé de vous apporter l'expression. Je dois sans doute ce redoutable honneur à ce que l'industrie que je représente est la plus ancienne de toutes. L'agriculture est née des premiers besoins de l'humanité naissante ; pendant de longs siècles, elle a été la seule industrie exercée sur la terre. Vénérable antiquité qui lui assure les égards des industries nées après elle, mais qui l'ont bien dépassée : sœurs cadettes dont elle suit modestement et à distance les brillantes destinées, dont elle admire les merveilleux progrès, tout en ayant la conscience d'être la meilleure cliente de leur intense production. Nul n'apprécie mieux qu'elle l'œuvre immense accomplie par l'art de l'Ingénieur.

Elle s'incline devant le grand spectacle qu'offre cet ensemble de spéculations scientifiques, d'applications ingénieuses, de découvertes, d'efforts persévérants qui, en moins d'un siècle, ont transformé le monde, asservi l'une après l'autre les forces de la nature, préparé peut-être pour demain la conquête de l'air, améliorant la condition humaine, diminuant le labeur de l'homme en augmentant son rendement, atténuant sa souffrance en augmentant son bien-être, appelant chaque jour un plus grand nombre de créatures humaines au partage des bienfaits de la création. Œuvre admirable à laquelle nous offrons de tout cœur un hommage sincère et reconnaissant.

Les Sociétés françaises conviées ici ce soir ont toutes part à cette œuvre. Toutes les branches de l'activité humaine y sont représentées. C'est l'image de la France laborieuse : de la France qui ne se repaît ni de chimères ni d'utopies, que n'intéressent pas les discussions stériles, la France fidèle à ses traditions de bon sens, de bon goût et de bonne humeur : celle des bonnes camaraderies d'école, d'atelier, de régiment, d'association et... d'académie, celle qui poursuit son sillon le regard fixé sur l'idéal de progrès, de fraternité, de liberté, de paix sociale qui est un besoin de son esprit et une condition de son existence ; celle — passez-moi cette réminiscence classique qui ne sera peut-être pas déplacée à une table bien servie — celle qui prépare la bonne soupe, dont vit et veut vivre le pays, sans dédaigner le beau langage, qui est sa parure et ait partie intégrante de son patrimoine national.

C'est au nom de cette France laborieuse, dont j'ai le grand honneur d'être le porte-parole, que je salue la Société des Ingénieurs Civils de France, que je lève mon verre à sa prospérité. Puisse-t-elle, pendant de longues années, continuer à être un centre de vie scientifique et de féconde activité, un foyer d'études désintéressées, de libres initiatives, pour la plus grande prospérité de l'industrie et de l'agriculture françaises, pour la plus grande prospérité du pays et je puis ajouter, pour son bon renom et sa grandeur !

TOAST DE M. L. MOYAUX

Président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.

Messieurs,

J'ai le grand honneur de répondre à vos toasts chaleureux, au nom des Sociétés des Ingénieurs de Belgique, dont vous avez bien voulu inviter les délégués à la célébration de votre soixantenaire. Si mes Collègues ont confié cette agréable charge au Président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, c'est qu'elle est la plus ancienne de notre pays. Je tiens à rappeler qu'elle a pris naissance au moment où fut créée votre Société.

Je vous apporte, Messieurs, l'expression très vive et très sincère de notre sympathie et les vœux de voir votre Société continuer dans la voie prospère où elle est entrée il y a soixante ans déjà. Vous vous acheminez allègrement vers votre soixante-quinzième anniversaire et je souhaite vivement à tous ceux qui m'entourent de participer encore aux cérémonies de ce glorieux anniversaire.

Permettez-moi d'ajouter quelques mots personnels à votre cher Président, le mien également puisque je me fais honneur d'appartenir à votre Société.

Il y a longtemps déjà, je lui fus présenté à Lens : son œuvre déjà considérable permettait de prévoir ce que serait l'Ingénieur éminent que vous avez légitimement appelé à nous présider.

Je me réjouis de lever mon verre à la santé de M. Reumaux, à mes Collègues français et je bois à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France.

TOAST DE M. TREUTLER

au nom de l'Association des Ingénieurs Allemands.

Messieurs,

En ma qualité de représentant de l'Association des Ingénieurs Allemands ainsi qu'au nom des autres Sociétés allemandes, j'ai l'honneur de vous exprimer, à l'occasion du soixantième anniversaire de la fondation de votre estimable Société, les félicitations les plus sincères.

C'est avec des sentiments de gratitude que nos associations se souviennent de l'aimable accueil que vous leur avez fait en 1900 lors de l'inspection de l'Exposition universelle dans cette belle ville. De même l'association des Ingénieurs Allemands garde avec plaisir le souvenir de votre affable participation à la cinquantième fête anniversaire de sa fondation, célébrée à Berlin, il y a deux ans.

M'ayant délégué près de vous, Messieurs, elle veut exprimer le désir que les rapports mutuels entre les deux Sociétés se resserrent de plus en plus.

Messieurs! La science de l'Ingénieur que nous exerçons et cultivons n'est pas limitée aux frontières d'un pays. Les progrès que l'on y a faits sont destinés à être profitables à toutes les nations de la terre et à en améliorer de plus en plus la position sociale. C'est pourquoi nous poursuivons avec admiration les grandes entreprises industrielles créées par l'intelligence française et qui nous serviront de stimulant dans notre propre sphère d'activité.

Infiniment grands ont été les progrès techniques dans les dernières dizaines d'années. Ils étaient pour une bonne part redevables à la longue période de paix, que nous avons traversée, avant tout cependant à l'intelligence fort avancée dans la science de l'Ingénieur.

Recueillir, affermir et développer cette intelligence dans la science de l'Ingénieur a été dans les six dernières dizaines d'années la principale tâche de votre Société.

En conséquence, nous joignons à l'expression de la parfaite considération pour votre activité dans le passé, le vif désir que votre estimable Société prospère et réussisse aussi à l'avenir et que son activité soit toujours couronnée de succès au delà de beaucoup de dizaines d'années encore.

En confirmation de ce désir nous nous permettons d'élever nos verres en criant : Vive la Société des Ingénieurs Civils de France !

TOAST DE M. L. BENÉT

AU NOM DE L'AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Je me suis senti par trop flatté, en recevant du Président de l'*American Society Of Mechanical Engineers* une dépêche me priant de représenter notre corporation au soixantième anniversaire de la Société des Ingénieurs Civils de France. Il aurait mieux fait d'envoyer un orateur expérimenté pour transmettre ses félicitations et ses vœux à l'occasion de cette belle fête. Mais, hélas! si la télégraphie sans fils n'émerveille plus le monde, la transportation transatlantique sans bateau n'est pas encore de notre temps.

En vous souhaitant, Messieurs, au nom de mes Collègues américains,

une autre période de soixante années de prospérité et de brillants achèvements, je n'affirme qu'une fois de plus les relations cordiales qui depuis si longtemps unissent nos deux Sociétés. L'Exposition de 1889, quand nous avons pour la première fois connu la généreuse hospitalité des Ingénieurs Civils de France, sous la présidence de M. Eiffel, n'était qu'une inspiration pour notre Exposition de 1893, et en 1900 nous sommes encore venus en France, où, sous la présidence de M. Canet, notre entente cordiale professionnelle a reçu sa consécration définitive. Et maintenant, Messieurs, il reste encore, à nous, par une nouvelle manifestation internationale et digne de notre grand pays, de vous montrer à quel degré nous avons pu continuer à contribuer au développement industriel du monde.

Nous, Ingénieurs d'outre-mer, nous serons toujours reconnaissants à nos confrères de France. C'est à vos savants, à vos mathématiciens et à vos Ingénieurs que nous devons une très grande partie de nos connaissances scientifiques. On ne peut même pas lire les ouvrages techniques américains sans y voir l'influence des savants français dans leurs lucides développements des thèses. D'un autre côté, nous avons pu prêter à la France un concours très important dans son progrès industriel. Ce sont nos machines-outils et l'inspiration de notre organisation de la production intensive qui ont complété ces ateliers, ces usines et ces chantiers qui sont actuellement la gloire de votre belle patrie.

A ne prendre qu'une seule industrie, celle de l'automobile, dans laquelle la France a montré le chemin au monde entier, c'est grâce aux machines américaines qu'elle a pu en quelques courtes années couvrir les routes de tous les pays de ces engins remarquables de locomotion.

Et au cours du progrès gigantesque réalisé dans tous les travaux de génie aux quatre coins du monde, nos deux Sociétés, par leurs travaux et par leur dissémination de renseignements professionnels et de connaissances techniques, ont rendu des services impossibles à évaluer.

Monsieur le Président, et mes chers Collègues, je lève mon verre à la prospérité des Ingénieurs Civils de France, à l'entente cordiale professionnelle entre nos deux pays, et à notre conquête de la nature par les forces de la nature même.

TOAST DE M. FRY

AU NOM DES SOCIÉTÉS ANGLAISES D'INGÉNIEURS (1).

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, GENTLEMEN,

It is with the greatest pleasure that I rise in response to the toast you have just drunk.

In the past many courtesies have been exchanged between the Engi-

(1) TRADUCTION DU TOAST DE M. FRY

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

C'est avec le plus grand plaisir que je me lève pour répondre au toast que vous venez de porter.

Il y a toujours eu, dans le passé, beaucoup de courtoisie dans les rapports entre les

neering Societes of England and the Sociétó des Ingénieurs Civils de France. In these courtesies I see the fruit of that unity spirit due to devotion to the same vocation. It is the task of the Engineer to train the forces of nature to the benefit of humanity and the consequence of his success is world wide.

France has profited by the work of Watt, England by the genius of Giffard.

The work of every Member of your Society in so far as it serves sciences brings the nations closer together.

In addition to this, many of your Members are engaged in work directly helpful to the « Entente cordiale ». As an example may I mention the gentleman who was Président in 1894, the gifted locomotive Engineer of the Chemin de fer du Nord, Mr du Bousquet, to whom we owe so much of the facility of travel between Paris and London.

Feeling sure that my sentiments are shared by the Members of the Societies you have so cordially toasted, I beg to assure you of sympathy in your aims and gratitude for your labors.

In conclusion may I apply to your Society the words used by His Royal Highness the Prince of Wales on Thursday, in opening the Franco-British Exhibition :

« Let us hope that you will encourage healthy rivalry, stimulate interchange of knowledge and ideas, strengthen the brotherhood of nations, help on the work of civilization and promote peace and prosperity throughout the world. »

Sociétés d'Ingénieurs anglais et la Société des Ingénieurs Civils de France. Dans cette courtoisie, je vois le fruit de l'unité d'esprit due à l'attachement, à la même vocation.

Le rôle de l'Ingénieur est d'utiliser les forces de la nature au bénéfice de l'humanité et la conséquence de son succès s'étend sur le monde entier.

La France a profité des travaux de Watt, l'Angleterre a profité du génie de Giffard.

Le travail de chacun des Membres de votre Société, aussi loin qu'il peut servir la science, rapproche en même temps les nations.

En dehors de cette généralité, un grand nombre de Membres de votre Société ont été directement très utiles à l'Entente cordiale. Comme un exemple, je puis mentionner l'Ingénieur qui fut, en 1894, votre Président, l'honoré Ingénieur en chef du matériel et de la traction du Chemin de fer du Nord, M. G. du Bousquet, à qui nous devons tant de facilités pour les voyages entre Paris et Londres.

Étant sûr que mes sentiments sont partagés par tous les Membres des Sociétés auxquels vous avez porté si cordialement un toast, je vous assure de toute notre sympathie pour tous vos projets et de toute notre gratitude pour vos travaux.

Comme conclusion, je puis appliquer à votre Société les mots prononcés par le Prince de Galles jeudi dernier, à l'ouverture de l'Exposition Franco-Britannique :

« Espérons que vous encouragerez les bonnes rivalités, stimulerez l'échange des connaissances et des idées, renforcerez la fraternité des nations, aiderez le travail de civilisation et préconiserez la paix et la prospérité dans le monde entier. »

TOAST DE M. MAX LYON

REPRÉSENTANT DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE SUISSE.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES

J'ai d'abord le devoir et le plaisir de vous exprimer notre gratitude d'avoir convié le représentant ou délégué de l'Association des anciens élèves de l'École Polytechnique fédérale suisse à s'associer à votre belle fête du soixantenaire; c'est ainsi d'ailleurs que j'ai personnellement l'honneur d'y assister en ma double qualité de représentant, en France, de notre grande Association, et de Membre de votre Société depuis déjà près de trente années.

Notre Association est elle-même déjà presque soixantenaire, aussi ancienne que la vôtre,; elle a été, comme la vôtre, formée à l'époque où les rapides progrès de l'art ou de la science de l'Ingénieur rendaient désirable le groupement de ceux qui pouvaient ainsi plus facilement échanger leurs idées et par là même contribuer largement, faisant jaillir la lumière de la discussion, au développement de la technique moderne.

La proximité à laquelle notre petite Suisse se trouve de votre grande France, la communauté de langue d'une partie de notre population avec la vôtre et la connaissance de cette langue française par le restant de notre population éclairée, rendaient la collaboration de l'Ingénieur Français et de l'Ingénieur Suisse plus facile et plus intime. Nombreux ont été ceux de nos compatriotes qui ont suivi vos écoles techniques supérieures et y ont puisé les bases d'une instruction solide, dont ils ont su trouver l'application dans notre pays de montagnes; multiples ont été également ceux d'entre vous qui sont venus se perfectionner à notre école dans quelques applications des sciences dont les études y étaient nécessairement plus développées parce qu'elles étaient, pour ainsi dire, fonctions de notre configuration orographique; je veux parler de l'étude graphique de résistance des ponts métalliques si nombreux sur les profonds déchirements de notre sol et des applications électriques de la houille blanche qui s'y sont développées plus rapidement que dans vos propres Alpes.

D'autre part, la collaboration de vos Ingénieurs français à nos grandes percées des Alpes a été pour notre pays d'une incontestable utilité: la percée du Mont-Cenis, œuvre certainement plus française qu'italienne, a été le précurseur de celle du Gothard; l'initiative de la percée du Simplon et la détermination de son tracé sont dues, en très grande partie, à la science d'un Ingénieur de votre grand corps des Ponts et Chaussées, qui venait souvent, il y a un quart de siècle, éclairer de ses lumières les discussions au sein de votre Société. Enfin, la collaboration de la France à la percée du Lœtschberg est d'actualité présente, quoique ne semblant point être œuvre d'utilité pour la France; mais nous espérons que les Ingénieurs Français et les Ingénieurs suisses vont

se rencontrer bientôt dans la réalisation d'un travail qui depuis longtemps s'impose, celui de l'amélioration des moyens de transport entre la France et le Sud de la Suisse, qui n'existent actuellement que par deux voies anciennes, tortueuses, à profil démodé, conduisant l'une à Lausanne et l'autre à Genève, et y conduisant mal. De nouvelles traversées du Jura, commodes et rapides ont été étudiées, et des deux côtés de la frontière leur exécution s'impose. De multiples conférences ont été tenues à ce sujet par les Ingénieurs, les hommes politiques et les diplomates des deux pays; elles ont toutes été ajournées. Nous croyons que la lumière en sortira bientôt et que nous aurons ainsi un nouveau lien technique entre les deux pays. Nous espérons que la solution ne tardera pas jusqu'à l'époque où les dirigeables ou les aéroplanes auront rendu inutile la construction de toute voie ferrée.

Un autre grand projet, qui intéresse la Suisse comme la France, un projet grandiose, digne des Romains qui ne reculaient point devant des travaux de l'importance de ceux qu'on attribuait à Hercule, c'est l'amenée des eaux du lac de Genève pour l'alimentation de la Ville de Paris : je ne veux pas dire toutes les eaux du lac, car Paris n'est point si assoiffé; mais leur quantité est cependant assez forte pour pouvoir faire baisser de quelques dizaines de centimètres les eaux du lac et intéresser ainsi ses riverains. C'est là encore un problème qui sera certes résolu entre bons voisins que nous sommes, grâce à vous, Messieurs les Ingénieurs Français, et à ceux des Ingénieurs Suisses qui s'occupent de cette question. Tels sont, Messieurs et chers Collègues, deux problèmes importants à résoudre pour le présent; dans l'avenir, il s'en présentera peut-être de plus grands encore, dont l'essence même nous est inconnue, mais qui serviront toujours de lien et de trait d'union entre les deux pays.

Je termine, Messieurs et chers Collègues, en vous souhaitant bonheur et prospérité.

TOAST DE M. DE LAVALETTE

AU NOM DE L'AUTOMOBILE-CLUB DE FRANCE.

Le Comité directeur de l'A. C. F. a saisi avec empressement l'occasion que lui offrait l'aimable invitation de notre éminent Président pour se faire représenter à cette fête, qui consacre avec tant d'éclat la vitalité et l'essor de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Notre Président, le baron de Zuylen, absent de Paris, m'a prié de l'excuser et de vous exprimer, Messieurs, ses regrets de n'avoir pu revenir plus tôt.

Tout en me réjouissant de l'honneur qui m'échoit d'avoir été désigné par mes camarades et amis, je pense à ceux de mes Collègues de l'Automobile Club de France qui, plus qualifiés par leur talent et leur personnalité, eussent fait meilleure figure que moi dans ce tournoi d'éloquence auquel nous venons d'applaudir de si grand cœur. Si j'ai

pris leur place, cela tient à ce que ceux-là mêmes qui avaient le plus d'autorité pour venir exprimer, à l'occasion de cet heureux anniversaire. la sympathie qui existe entre nos deux Sociétés, doivent entendre, à cette occasion, l'expression de notre gratitude pour le dévouement avec lequel ils nous ont aidés dans l'accomplissement de la tâche que nous poursuivions.

Si l'on ouvre, en effet, l'annuaire de la Société des Ingénieurs civils de France et celui de l'A. C. F., on constate que plus de deux cents noms sont communs à ces deux annuaires. Cela revient à dire que près de 10 0/0 des membres de l'A. C. F. font partie de la Société des Ingénieurs Civils.

Le nombre de nos chers Collaborateurs m'empêche de les nommer tous; qu'ils me pardonnent de leur adresser collectivement l'expression de notre gratitude.

Cependant, parmi ceux à l'activité desquels nous devons une si large part de notre succès, comment ne pas citer MM. G. Berger, René Arnoux, Bocandé, Bourdel, J. Carpentier, de Chasseloup-Laubat. G. Collin, Deutsch (de la Meurthe), de Dion, Longuemare, Lumet. Lucien Périssé, Max Richard, Varennes, de Vogué; parmi vos anciens Présidents, MM. G. Canet, G. Dumont, et enfin M. A. Loreau, qui préside, avec la science, l'autorité, la distinction et l'éloquence pénétrante et gracieuse (toutes qualités que vous lui connaissez si bien), aux travaux de la Commission technique de l'Automobile Club de France.

Nos commissions, nos expositions, nos conférences, nos concours sur route, nos épreuves sportives, nous réunissent, travaillant, expérimentant, concluant.

Cette communauté de pensée, cette collaboration si permanente, a créé entre nous un courant de sympathie dont l'Automobile Club sent vivement tout le prix.

Vous comprendrez sans peine, mieux que je ne saurais le dire, que notre Société d'encouragement doit en grande partie la place prépondérante qu'elle a prise dans l'Industrie de l'Automobile aux conseils de sa grande sœur la Société des Ingénieurs Civils de France, dont elle a emprunté la science et l'expérience grâce au concours de ceux de nos membres qui font partie de ces deux grandes familles.

Qu'il me soit donc permis de lever mon verre, au nom du Président. au nom du Comité et au nom des membres de l'Automobile Club de France, en l'honneur de la Société Française des Ingénieurs Civils de France, dont l'heureuse et puissante influence se retrouve sur tout ce qui fait notre France plus grande et plus glorieuse.

LE MINERAI DE FER DANS LE MONDE

ET LA

MISE EN VALEUR DU BASSIN DE BRIEY

PAR

M. A. COUROUX

La découverte, dans l'arrondissement de Briey, du prolongement du riche bassin ferrugineux de la Lorraine a été un événement industriel considérable.

Le bassin minier de Briey est, en effet, actuellement le plus grand réservoir de minerai de fer du monde, et sa mise en exploitation va améliorer singulièrement les conditions de fabrication de la fonte dans l'est de la France.

Des Ingénieurs très autorisés ont publié de nombreuses études sur ce gisement lorrain et sur sa mise en exploitation. Nous ne reviendrons donc pas sur ce point.

Le but de cette note est d'attirer à nouveau l'attention sur ce coin de France ignoré, lambeau de l'ancien département de la Moselle, où se trouve concentrée, à la frontière même, la majeure partie des richesses métallurgiques de la France.

Car la nature a richement doté le département de Meurthe-et-Moselle ; le fer et le sel se trouvent en abondance dans son sous-sol. La houille y a été également reconnue.

Si les études qui se poursuivent actuellement arrivent à démontrer l'exploitabilité, au point de vue économique, du gisement de combustible, la région de Meurthe-et-Moselle sera certainement la plus riche de France et pourra rivaliser et lutter avantageusement avec les provinces les mieux dotées d'Europe et même du monde.

Il faut donc que tous les Français se pénètrent bien de cette richesse nationale et sachent surtout en tirer le meilleur parti possible.

La découverte du gisement de Briey en 1880-1882, et celle du gisement de houille en 1904 doivent être considérées comme une « revanche pacifique » sur le terrain économique. Ce sont des dates historiques de la sidérurgie française.

Depuis un demi-siècle, la marche en avant de l'humanité a été prodigieuse. Cette extension est le résultat de la rapidité des communications, de l'augmentation des machines, du développement du commerce international, mais surtout de la mise en valeur des ressources naturelles des nations.

Parmi ces ressources naturelles, le fer doit être considéré comme tenant une des premières places. C'est l'aliment indispensable, c'est de lui que dépend l'avenir d'un pays.

Les statistiques sont là pour le prouver. Les États-Unis, l'Allemagne, l'Angleterre, qui tiennent la tête du commerce mondial sont les plus gros producteurs de fer.

Un pays qui n'a plus de fer est un pays perdu. Sa force, sa vitalité ,résident pour ainsi dire dans le gisement. Notre voisine l'Allemagne l'a compris depuis longtemps, en s'assurant sa provision de minerai de fer par tous les moyens en son pouvoir.

La poussée des usines allemandes particulièrement de Westphalie, sur notre plateau lorrain, en est une nouvelle preuve. De grandes banques allemandes ont accordé leur commandite à une entreprise de Norvège, la Société de Sydvaranger, qui va exploiter du minerai à 37 0/0 sur les bords de l'Océan Glacial !

Cela démontre le parti que peuvent tirer nos voisins avec du minerai à 40 0/0 se trouvant à leur porte.

N'oublions pas qu'en 1871, au moment des négociations du traité de Francfort, M. de Bismarck faisait suivre les opérations de délimitation de la nouvelle frontière par un personnage qui n'était autre qu'un inspecteur général des mines allemandes !

Il faut croire que cet inspecteur des mines s'acquitta fort bien de sa mission, car, par une frontière très habilement tracée. Belfort restait français, mais l'Allemagne avait annexé presque toute la partie du gisement reconnu à l'époque, c'est-à-dire plus de 40 000 h !

Afin de bien examiner la situation de la France au point de vue de la fabrication du fer, laissons parler les statistiques officielles.

La production de la fonte en France depuis 1878 s'établit par le tableau suivant :

Années.	Tonnage de la France.	Tonnage de Meurthe-et-Moselle.	Pourcentage de Meurthe-et-Moselle.
—	—	—	—
1878	1 521 000 t	299 000 t	20 0/0
1885	1 631 000	707 000	43 —
1895	2 070 000	1 254 000	60 —
1903	2 841 000	1 887 000	66 —
1906	3 319 000	2 291 000	69 —
1907	3 588 000	2 450 000	70 —

L'extraction des minerais de fer en France depuis 1878 a suivi la marche suivante :

Années.	Extraction de la France.	Extraction de Meurthe-et-Moselle	Pourcentage de Meurthe-et-Moselle.
—	—	—	—
1878	2 470 000 t	1 278 000 t	52 0/0
1885	2 318 000	1 612 000	67 —
1895	3 680 000	3 084 000	84 —
1903	6 220 000	5 282 000	85 —
1906	8 481 000	7 841 000	85,50 0/0

Les chiffres ci-dessus montrent l'essor considérable qu'a pris la sidérurgie lorraine depuis 1878.

Le département de Meurthe-et-Moselle extrait actuellement plus de 85 0/0 de tout le minerai extrait en France et produit plus de 70 0/0 de la production totale de la fonte en France.

Si réconfortants que soient ces résultats, nous devons cependant reconnaître que la France n'occupe actuellement que le quatrième rang dans le monde parmi les producteurs de fonte qui, en 1906, ont fabriqué respectivement :

Le États-Unis 25 307 000 t soit huit fois plus que la France :
L'Allemagne 12 478 000 t soit quatre —
L'Angleterre 10 149 000 t soit trois —

Il est à remarquer que l'Allemagne a constamment accru sa production pendant que l'Angleterre périclitait, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant :

États	1880	1890	1900	1906
—	—	—	—	—
États-Unis .	3 896 000 t	9 349 000 t	14 009 000 t	25 307 000 t.
Angleterre.	7 800 000	8 030 000	9 052 000	10 149 000
Allemagne.	2 729 000	4 658 000	8 520 000	12 478 000
France . .	1 400 000	1 962 000	2 714 000	3 319 000 t.

Abstraction faite des États-Unis, rien n'égale les progrès de l'Allemagne depuis 1880, époque à laquelle sa production était de beaucoup inférieure à celle de la Grande-Bretagne. L'Allemagne a marché à pas de géant, malgré toutes les difficultés rencontrées pour assurer son approvisionnement en minerai.

A priori, on ne peut que s'étonner de voir la France posséder le plus grand gisement de minerai de fer du monde et n'occuper que le quatrième rang parmi les producteurs de fonte.

Mais il faut tenir compte de l'intervention d'autres facteurs, dont les plus importants sont le combustible et la main-d'œuvre. Nous ne nous étendrons pas sur ce point qui sortirait du cadre de cette note.

Quoi qu'il en soit, la France occupe un rang privilégié au point de vue minerai, car il n'y a aucun doute sur l'immense importance des gisements du bassin de Briey, que l'on évalue à plus de deux milliards et demi de tonnes !

Aux États-Unis, on estime qu'il existe encore un milliard de tonnes à extraire dans le gisement des grands lacs, mais, avec une consommation de plus de 50 millions de tonnes par an, les Américains n'en ont plus que pour vingt-cinq à trente ans. C'est pourquoi leurs efforts se tournent actuellement sur les rives canadiennes.

Le fameux gisement de Bilbao s'épuise aujourd'hui et n'a guère contenu que 100 millions de tonnes. Il est aux trois quarts dévoré aujourd'hui. Celui des Asturies est d'exploitation peu économique.

La Suède possède encore de fort beaux gisements représentant 700 à 800 millions de tonnes environ de minerais à 60 % de fer.

Les mines situées au nord-ouest de Stockholm, c'est-à-dire Damemora, Persberg, Norberg, etc., sont composés de minerais très purs, consommés par la métallurgie indigène. Abstraction faite des minerais de Grangesberg, les minerais ci-dessus ne sont donc pas intéressants pour l'exportation.

Par contre, les minerais phosphoreux de la Laponie suédoise (Gellivara, Kirunavara, Svappovara, Routiva, etc.), donnent beaucoup à l'exportation.

Néanmoins, la Suède éprouve quelques difficultés à la mise en valeur de toutes ces mines ; d'autre part, devant protéger sa métallurgie, la Suède ne pourra jamais faire une exportation trop intensive.

La Lorraine allemande et le Luxembourg n'en ont plus pour longtemps avec le régime intensif auquel ils sont soumis.

Les mines anglaises touchent à leur déclin et le minerai restant est trop pauvre pour songer à l'exploiter.

En Algérie, le gisement classique de Mokta représentait environ 20 à 30 millions de tonnes et si la Société de Mokta-el-Hadid n'avait pas trouvé d'autres gisements, Béni-Saf, entre autres, il y a longtemps que le gisement de Mokta serait oublié.

L'Algérie produit à peine 800 000 t de minerais de fer par an, dont 400 000 proviennent du gisement de la Tafna à Béni-Saf.

Les principaux importateurs de minerais algériens sont l'Angleterre (250 000 t), l'Allemagne (200 000 t) et les États-Unis.

La France ne tire de sa colonie que 70 000 t par an.

En Russie, l'existence de grands gisements est indéniable. L'Oural est la région la plus riche ; on évalue ses ressources à 800 millions de tonnes environ. La région du Caucase et la Sibérie ne sont pas encore suffisamment explorées pour se prononcer actuellement, mais il n'est pas douteux que le sous-sol ne soit très riche en fer.

Dans le sud de la Russie, on évalue les gisements de Krivoï-Rog à 80 millions de tonnes et ceux de Kertch (semblables à nos minerais de Lorraine) à plus de 600 millions de tonnes.

Les mines de fer de la Pologne russe ne suffisent pas à alimenter la métallurgie régionale.

L'extraction totale de la Russie se tient entre 5 et 6 millions de tonnes par an, consommées pour la plus grande partie par la métallurgie indigène. L'exportation annuelle n'atteint pas un million de tonnes et c'est surtout Krivoï-Rog qui alimente cette exportation.

En résumé, la Russie n'est encore que très imparfaitement explorée et, malgré ses richesses naturelles indiscutables, elle ne pourra donner régulièrement à l'exportation que dans quelques années.

Tous les gisements que nous venons d'examiner, malgré leur grande réputation, n'auront pour la plupart qu'une durée limitée et très souvent une exploitation difficile. Nous ne pouvons donc que nous féliciter de la découverte faite en Lorraine française en ces dernières années.

Briey sera le grand réservoir minier du monde, si on le compare aux ressources dont disposent les autres pays.

Pour permettre de bien apprécier la situation de l'industrie

sidérurgique française, nous croyons utile de comparer les ressources de la France et celles de ses concurrents les plus sérieux.

Commençons donc par ces derniers.

États-Unis.

(Production de fonte en 1907 : 26 800 000 t).

Cette énorme production correspond à une consommation annuelle de plus de 53 millions de tonnes de minerai de fer.

Un million de tonnes seulement proviennent du Canada, de l'Ile de Cuba, de l'Algérie et de la Suède.

Les trois quarts des minerais sont extraits de la région des Grands Lacs dans les provinces de Minnesota, Michigan, Marquette, Gogebi, Mosebi, etc., situées à des distances variant de 1 200 à 1 600 km des provinces de Pensylvania, d'Ohio, d'Illinois, centres principaux de la production de la fonte aux États-Unis.

Le minerai de la région des Grands Lacs contient environ 55 0/0 de fer et la plus grande partie est extraite à ciel ouvert.

On peut être étonné de l'énorme distance qui sépare les principales exploitations minières des centres de consommation. Mais ce facteur ne joue pas un rôle important dans le prix de revient, étant donnés les bas prix des transports pratiqués aux États-Unis.

Les différentes mines de la région des Grands Lacs sont situées à des distances variant de 60 à 120 km des rives de ces derniers. Les minerais sont donc transportés par fer, dans des wagons de 50 t, jusqu'au port d'embarquement.

Les navires chargés de minerais ont ensuite 12 à 1 300 km à parcourir sur les différents lacs pour atteindre le port de Cleveland sur le lac Erié. Ce transport fluvial se fait à un prix très bas, variant suivant les distances de 3 à 5 fr. la tonne. De Cleveland à Pittsburg (250 km environ), le prix de transport par fer se tient aux environs de 0,02 à 0,03 f la tonne kilométrique. Ces prix ont même été réduits depuis quelque temps sur les lignes ayant un trafic spécial de minerai. On peut même citer une ligne de chemin de fer, construite par les industriels, longue de plus de 250 km, allant du lac Erié aux environs de Pittsburg, et sur laquelle le prix de la tonne kilométrique ne dépasserait pas un centime.

On évalue à un milliard de tonnes environ le minerai restant à extraire dans la région des Grands Lacs.

Mais dans une vingtaine d'années, si les Américains ne découvrent pas d'autres minerais, ils devront avoir recours à l'importation soit du Canada, soit de Cuba et peut-être même d'Europe.

L'Amérique du Nord possède bien encore au Mexique le gisement de Las Touchas, que l'on évalue approximativement à 680 millions de tonnes.

C'est, paraît-il, un minerai Bessemer, contenant 60 0/0 de fer environ, mais son grand éloignement des centres de consommation sera pour longtemps un obstacle à son exploitation.

Nous citerons également en terminant le gisement de Mayari, dans l'île de Cuba, situé non loin de Santiago de Cuba. Il a été reconnu depuis très peu de temps et contiendrait de 40 à 43 0/0 de fer.

Ce minerai se présente sous la forme terreuse et il est très hydraté. Il faut donc le dessécher et l'agglomérer ensuite en briquettes, ce qui est très coûteux.

En résumé, les États-Unis, pour le moment, suffisent à leur consommation.

Allemagne.

(Production de fonte en 1907, 13 045 000 t.)

Depuis quelques années, près de moitié de la consommation totale des minerais de fer provient de l'Alsace-Lorraine.

En 1906, la consommation allemande a dépassé 33 millions de tonnes, dont 14 millions ont été fournies par l'Alsace-Lorraine et 7 millions environ par le Grand-Duché de Luxembourg.

Mais, toutes les mines de Lorraine annexée s'épuisent rapidement et l'importation de minerais étrangers augmente régulièrement.

Ces importations ont été de :

4 370 000 t en 1902;
5 220 000 t en 1903;
6 000 000 t en 1904;
6 085 000 t en 1905;
6 700 000 t en 1906;
8 470 000 t en 1907.

Tous ces minerais importés proviennent de Meurthe-et-Moselle, de Suède, d'Espagne, d'Algérie, de Russie (manganèse), d'Italie (Ile d'Elbe), et même des États-Unis.

Rotterdam est devenu le grand port de transit de ces minerais à destination de l'Allemagne et de l'Angleterre. Le tonnage des minerais de fer importés par Rotterdam a dépassé 6 millions de tonnes, en augmentation de plus d'un million de tonnes sur le tonnage de 1905.

Rotterdam occupe actuellement le premier rang parmi les ports importateurs de minerais, grâce à la prospérité industrielle allemande. Ces minerais sont réexpédiés par voie d'eau aux établissements métallurgiques de Westphalie et de la vallée du Rhin.

Notre département de Meurthe-et-Moselle n'a fourni que très peu jusqu'ici à la consommation allemande. Cela tient en grande partie aux difficultés de communications se traduisant par des prix de transport trop élevés.

La construction du tronçon de ligne ferrée de Briey à Audun-le-Roman a raccourci la distance de Briey au bassin de la Rhur.

La canalisation de la Moselle faciliterait également l'arrivée des minerais français en Allemagne. Les grandes aciéries de Westphalie et les Chambres de Commerce de la région ont attiré l'attention des pouvoirs publics sur l'économie qui résulterait de l'emploi de la voie d'eau.

Différentes usines allemandes ont pris des intérêts soit directement, soit indirectement, dans les mines suivantes du bassin de Briey : Valleroy, Moutiers, Bellevue, Jarny, Batilly, Jouaville, Jarny, Murville, Saint-Pierrement, Conflans, Serrouville.

D'autre part, les firmes Krupp et Thyssen se sont assurées des minerais du gisement de Normandie, qui sont acheminés directement à Rheinhausen par Caen.

Il s'est créé en Allemagne un courant de politique économique et commerciale afin d'encourager par tous les moyens possibles l'importation des minerais français du bassin de Briey.

Les grandes usines de Westphalie sont arrivées à se faire accorder par le gouvernement un tarif d'exception par lequel les minerais français ne paieront plus que M. 6,93 de transport, de Briey à Bochum.

En Allemagne, les chemins de fer sont entre les mains de l'Etat qui, pour encourager l'exportation, consent des tarifs très

réduits pour le transport des matières premières, combustibles et minerais.

Que le chauvinisme français ne s'effraie pas de cette combinaison ! Car il faut bien se pénétrer que la sidérurgie française ne peut exister qu'avec les cokes de Westphalie et que la métallurgie allemande ne peut vivre sans les minerais de Briey.

On ne peut que déplorer de voir nos richesses naturelles prendre la voie de l'étranger, mais toutes les combinaisons rationnelles reposant sur des échanges de minerai et de combustibles recueilleront toujours l'approbation pleine et entière de tous nos compatriotes.

Nous ne pouvons, d'ailleurs, avoir la prétention de réduire au haut fourneau les millions de tonnes supplémentaires qui sortiront du sous-sol de Briey dans quelques années.

Soyons donc commerçants, en accueillant les clients puisqu'ils viennent à nous et ne traitons pas l' « étranger » en « ennemi ». Mais ne nous laissons pas envahir; à nous d'exploiter rationnellement nos trésors miniers nationaux en songeant à l'avenir.

L'Espagne exporte en Allemagne, de Bilbao et de Santander, près de 3 millions de tonnes de minerais par an. C'est le gisement de Bilbao et surtout Somorrostro qui, jusqu'à ce jour, ont le plus fourni à l'exportation. Mais Bilbao s'épuise, Santander diminue également et on extrait actuellement des minerais à faible teneur.

L'Allemagne importe de Suède près de 3 millions et demi de tonnes par an. C'est surtout dans ce pays que les hauts fourneaux allemands comptaient s'alimenter.

Mais la Suède s'est émue d'une exportation trop intensive et le Parlement suédois a pris des mesures pour limiter cette exportation. Cependant, quelques Sociétés allemandes ont réussi à passer des marchés jusqu'en 1912.

Les exploitations de mines se développent chaque année en Suède, mais l'industrie métallurgique ne pourra jamais prendre beaucoup d'essor par suite de la pénurie de combustible.

C'est pourquoi le Gouvernement suédois a voulu garder une influence directe sur l'administration de ses mines afin que ces dernières ne tombent pas entre les mains de spéculateurs.

D'après une convention intervenue entre l'État suédois et la grande Société minière Grangesberg, l'exportation annuelle a été limitée pour cette Société à 3 750 000 t jusqu'en 1932, quantité bien insuffisante pour la sidérurgie allemande.

On peut compter que l'Allemagne demandera bientôt plus de 15 millions de tonnes à l'importation et c'est au bassin de Briey qu'elle s'adressera, plutôt que de commanditer les entreprises minières des bords de l'Océan Glacial.

L'Allemagne sera donc le gros client de Briey, comme la France est, actuellement, celui de Westphalie pour les cokes.

Grande-Bretagne.

(Production de fonte en 1906 : 10 149 000 t.)

La Grande-Bretagne a tenu longtemps la tête des producteurs de minerais de fer dans le monde, mais, depuis quelques années, l'industrie métallurgique végète, les statistiques officielles le prouvent.

La production annuelle de fonte, qui était de 8 millions de tonnes environ en 1880, n'est, aujourd'hui, que de 10 millions. Son extraction de minerai dépassait 18 millions de tonnes en 1880, elle est descendue, aujourd'hui, à 15 millions!

Les Anglais se sont émus de cet état de choses et diverses Commissions ont été instituées pour rechercher les causes de cette stagnation.

En exminant la situation de l'Angleterre au point de vue métallurgique, on est frappé par la lenteur du développement de la fabrication des fontes basiques, alors que les minerais du pays se prêtent si bien à cette fabrication.

Les hématites indigènes devenant de plus en plus rares, l'Angleterre a préféré avoir recours aux hématites étrangères plutôt que de se lancer dans le procédé basique qui a fait la fortune de sa rivale, l'Allemagne!

C'était une grosse erreur; le temps l'a, d'ailleurs, démontré. Dans l'occurrence, il ne faut pas blâmer les maîtres de forges anglais, mais les Ingénieurs anglais qui, par suite d'une idée fausse attribuaient au métal acide toutes les qualités et au métal basique tous les défauts.

Le principal gisement de minerai de fer de la Grande-Bretagne est situé dans le Cleveland qui, à lui seul, fournit plus de la moitié de l'extraction nationale.

Diverses évaluations ont été faites sur l'importance de ce gisement. On évalue à 100 millions de tonnes au maximum, la couche de bon minerai encore disponible. Mais, malheureusement, les bonnes parties se faisant de plus en plus rares, le prix de revient augmente graduellement et ce gisement deviendra, petit à petit, inexploitable économiquement parlant.

L'Écosse, le Leicestershire, le Lincolnshire, le Pays de Galles, possèdent, également, des mines de fer en exploitation.

Des minerais pauvres se trouvent encore dans les provinces de Durham, Northumberland, Cornwal, Devonshire, d'Écosse, mais on ne parait pas très fixé sur l'importance de ces divers gisements.

Dans le Cumberland et le Lancaster on extrâit surtout des hématites riches destinées à la fabrication de l'acier Bessemer.

Mais toutes ces ressources évaluées à environ 250 millions de tonnes ne suffisent pas à la Grande-Bretagne, qui fait de plus en plus appel à l'importation, laquelle dépasse actuellement 9 millions de tonnes. Ces importations proviennent surtout de l'Espagne (5 millions en 1906), de la Suède, de l'Algérie, de la Grèce.

Les gisements expagnols sont exploités avec une très grande activité. C'est ainsi que Bilbao ne contient plus que 50 millions de tonnes.

La province des Asturies renfermerait encore plus de 100 millions de tonnes, mais d'exploitation très difficile par suite de l'absence presque complète de moyens de transport.

D'autres gisements moins importants existent dans les provinces de Séville, d'Huelva, de Carthagène, de Murcie et de Malaga.

Les meilleurs de tous ces gisements n'auront qu'une durée bien éphémère, car ils sont exploités avec une activité fiévreuse par les étrangers, la métallurgie espagnole ne consommant pas un million de tonnes par an.

En résumé, au point de vue minerai, l'Angleterre s'appauvrit de jour en jour, et, dans quelques années, il faudra faire appel, de toute nécessité, à des régions plus exploitables que l'Espagne et l'Algérie.

C'est donc encore un acheminement vers nos minerais de Briey, car, au lieu d'exploiter les minerais à faible teneur du Cleveland, les métallurgistes anglais préféreront certainement avoir recours aux minerais français.

Mais pour l'Angleterre, cette question sera plus complexe que pour l'Allemagne, le bassin de Briey ne possédant pas de voies navigables; il faudra, pour arriver jusqu'à Dunkerque, prendre la voie ferrée, toujours très onéreuse pour le transport de matières aussi lourdes.

La question des canaux du Nord-Est, de la Chiers et de l'Orne est donc plus que jamais d'actualité.

France.

(Production de fonte en 1907 : 3 500 000 t.)

Nous avons vu plus haut que la France tient le quatrième rang dans le monde comme productrice de fonte, après les Etats-Unis, l'Allemagne et l'Angleterre.

Au point de vue minerai de fer, en 1906, elle n'arrive, avec ses 8 481 000 tonnes d'extraction, qu'au cinquième rang après :

Les Etats-Unis (50 millions) ;
L'Allemagne (26 millions) ;
L'Angleterre (15 millions et demi) ;
L'Espagne (9 millions et demi).

La France possède de nombreuses variétés de minerais de fer, mais la plupart des gisements sont épuisés et ne produisent plus que des quantités insignifiantes.

Vers 1850, la métallurgie française s'alimentait surtout dans les centres miniers si répandus dans le Centre, la Champagne, la Franche-Comté et le Sud-Ouest.

Mais toutes ces mines disparaissent peu à peu et la prépondérance des minerais lorrains s'affirme de jour en jour.

En Champagne, près de Wassy, on extrait à peine 100 000 t par an de minerai oolithique. Si quelques forges sont encore vivantes dans cette région, elles le doivent, en grande partie, à leur proximité de la Lorraine qui leur envoie par eaux soit du minerai, soit de la fonte brute.

Les mines de Mazenay et de Change, en Saône-et-Loire à (30 km du Creusot) ne donnent annuellement au Creusot que 60 000 t de minerai hydroxydé, quantité bien insuffisante pour ces grandes usines.

Dans le Berry, l'extraction est presque nulle, puisqu'elle atteint à peine 3 000 t par an.

La Bretagne tire annuellement de son sous-sol près de 80 000 t, mais toute cette production est exportée en Angleterre.

On trouve encore quelques hématites brunes dans le Lot-et-Garonne et la Loire-Inférieure, du fer carbonaté spathique dans l'Ariège et dans l'Isère.

Mais toutes ces mines réunies produisent à peine dans leur ensemble 400 000 t par an. Leur exploitation est souvent onéreuse, car les minerais se trouvent presque toujours en amas ou en filons.

Dans les Pyrénées-Orientales, l'exploitation est encore assez active, mais la production totale (300 000 t par an), est accaparée par l'Angleterre, toujours friande de minerai pur.

Le bassin de Normandie (Calvados, Orne, Manche) a produit l'année dernière 290 000 t dont 237 000 t ont été exportées, (131 000 t en Westphalie et 106 000 t en Angleterre).

Plusieurs mines sont déjà en période d'exploitation active et quelques usines françaises (Aciéries de France, à Isbergues, Mines d'Halouze, et Hauts Fourneaux de Denain et Anzin, Mine de la Ferrière-aux-Etangs) tireront de ces mines une partie du minerai qui leur sera nécessaire.

Mais, par sa situation géographique, c'est un bassin qui se prêtera très bien à l'exportation. Les étrangers l'ont d'ailleurs déjà compris et les firmes allemandes Krupp et Thyssen ont pris des intérêts dans ces mines de Normandie.

Nous avons vu plus haut que le département de Meurthe-et-Moselle fournissait plus de 85 0/0 du minerai extrait en France. Notre bassin lorrain est en effet richement doté. D'après les statistiques les plus récentes on évalue le gisement lorrain français à plus de 2 milliards et demi de tonnes. La couche de minerai est d'une très grande régularité, ce qui rend l'exploitation relativement facile et économique.

En 1906, le département de Meurthe-et-Moselle a produit 7 841 000 t de minerai alors qu'en 1871 il en produisait à peine 500 000 ! Ces chiffres montrent le chemin parcouru. Il est à remarquer que cet accroissement de production s'est effectué avec continuité et régularité, et il y a beaucoup de raisons de penser que cette augmentation n'est pas encore arrivée à son maximum.

Le minerai de fer de Meurthe-et-Moselle s'exploite dans les trois centres de Longwy, Nancy, Briey.

Dans le bassin de Longwy et de Nancy, les premières concessions ont été accordées en 1844-1848 et l'exploitation se fait, soit à ciel ouvert, soit par galeries à flanc de coteau. L'exploitation y a été très active mais depuis quelques années ces mines s'épuisent et la production tend plutôt à décroître d'année en année.

Dans le bassin de Briey, au contraire, l'exploitation ne peut se faire que par puits ; la profondeur des couches restant comprise entre 80 et 140 m dans la région de Joeuf-Homécourt, pour arriver à 250 m environ dans la région de Baroncourt.

Les concessions de mines de fer dans le bassin de Briey embrassent actuellement une superficie de près de 40 000 ha dont 8 000 sont déjà en exploitation normale et 7 000 sur le point d'être mis en exploitation.

Le prolongement du gisement lorrain dans l'arrondissement de Briey a été constaté par de nombreux sondages d'exploration.

Une première partie de ces sondages ont été exécutés de 1880 à 1886 sur les indications et les conseils de M. Genreau, alors ingénieur en chef des mines à Nancy. Depuis cette époque, près de 200 sondages ont été entrepris dans le bassin et une quarantaine de concessions ont été accordées.

La puisance totale de la formation, y compris les couches stériles interposées varie de 19 à 59 m. La formation comprend jusqu'à six couches distinctes de minerai, mais la couche grise est la plus régulière et la meilleure comme qualité. Son épaisseur varie de 2 à 9 m (épaisseur maxima constatée près de Landres).

En 1906 et 1907 de nouveaux sondages ont été entrepris, mais aucune nouvelle découverte importante n'a été faite. Ces sondages ont surtout servi à mieux délimiter le gisement connu actuellement.

Néanmoins, ils ont démontré que dans la région de Pienne il existait un gîte très important et que le gisement actuel se prolongeait fort peu dans la région sud-ouest en dehors des concessions accordées actuellement.

Huit mines sont déjà en exploitation normale. Voici, d'ailleurs, leur production comparée en 1906 et 1907 :

Mines.	1907.	1906.
Homécourt.	1 181 000 t	1 029 267 t
Auboué	1 034 000	912 210
Moutiers.	619 250	483 783
Joeuf	354 500	320 428
Landres	289 500	105 437
Tucquegnieux	288 500	104 615
Pienne.	253 000	123 690
Sancy	91 000	5 156

Les concessions suivantes ont commencé les travaux de mise en exploitation :

Amermont-Dommary, Valleroy, Joudreville, La Mourière, Saint-Pierremont, Jarny, Murville, Anderny-Chevillon, Droitaumont.

Avec l'activité déployée actuellement, on peut compter qu'une vingtaine de mines du bassin de Briey seront en exploitation vers 1909-1910.

La qualité des minerais de Briey assure déjà à ces derniers un débouché remarquable. De plus, l'épuisement des mines anglaises et allemandes se faisant de plus en plus sentir, l'exploitation de nos minerais prendra certainement une très grande importance de jour en jour.

Sans être trop optimiste, on peut compter que dans deux ou trois ans le bassin de Briey produira plus de 10 millions de tonnes annuellement et que, dans une trentaine d'années, l'extraction atteindra certainement 35 à 40 millions de tonnes. On peut se demander si les métallurgistes français ont intérêt à développer l'exportation des minerais de Briey. Nous le pensons, car pour obtenir un prix de revient acceptable, même avec l'outillage perfectionné des sièges d'extraction actuels, il faut absolument arriver à une très grosse production par siège et par an.

Or, il est matériellement impossible aux hauts fourneaux français de réduire tout le minerai provenant du sous-sol de Briey. Les maîtres de forges le voudraient-ils qu'ils ne le pourraient pas.

On n'improvise pas une usine à fonte, il faut avant tout assurer son alimentation en combustible. Or, cette alimentation

est extrêmement difficile, pour ne pas dire presque impossible.

Nous dépendons de l'étranger pour la fourniture du coke métallurgique et notre production de fonte sera toujours entravée de ce fait.

L'exploitant de mines est donc conduit à l'exportation, par la force même des choses. La nature seule en est cause : Nous sommes importateurs de charbons et exportateurs de minerais de fer.

Cette situation ne pourra d'ailleurs aller qu'en croissant avec le développement métallurgique de la France.

Si certains pays se distinguent par leur exportation intensive de nitrates, de potasses, ou de charbons, la France se révélera par son « minerai de fer ».

Les débouchés ne manqueront d'ailleurs pas à notre minerai de Briey ; l'Allemagne et l'Angleterre ont de trop pressants besoins pour ne pas recourir à nos bons offices.

En 1907, pour la première fois, nos exportations de minerais de fer ont dépassé 2 millions de tonnes et ont été supérieures aux importations. C'est une nouvelle date dans l'histoire de la métallurgie française ; c'est là un fait qui mérite d'être signalé et qui démontre péremptoirement que la France est aujourd'hui absolument indépendante pour une de ses matières premières, la plus précieuse.

Il y a dans la région du Rheinland un très grand débouché pour les minerais français, car les importations d'Espagne, de Suède et d'Algérie sont très limitées.

L'Espagne est presque accaparée par les Anglais et ses gisements diminuent ; la Suède a limité son exportation et l'Algérie est encore loin d'atteindre une exploitation intensive. Tous ces minerais reviennent chers et ne peuvent apporter une diminution dans le prix de revient de la fonte, étant quelquefois très difficiles à réduire au haut fourneau.

C'est donc au bassin de Briey que l'Allemagne demandera maintenant la presque totalité de son importation. Nous avons vu plus haut que cette dernière dépasse actuellement plus de 8 millions de tonnes par an et qu'elle a doublé depuis six ans !

Quant à la Belgique, elle nous paraît acquise, et c'est une clientèle qui n'est pas à dédaigner puisqu'en 1907 les importations dans ce pays ont dépassé 4 millions de tonnes.

Pour l'Angleterre, la question n'est pas encore résolue, mais

elle est à l'étude, et nous ne doutons pas que l'on n'arrive à une solution.

Les Anglais sont revenus de leur erreur et l'acier Thomas prend aujourd'hui en Angleterre de plus en plus d'extension. Nos minerais de Briey seront donc très appréciés, car l'Angleterre importe maintenant plus de 9 millions de tonnes par an. De plus, leur qualité de minerai en roche leur permettra de bien résister aux transports et différents transbordements, ce que l'on ne rencontre pas dans certains minerais de Suède et d'Espagne.

Si l'on tient compte de tous les travaux extérieurs nécessités pour la mise en exploitation d'une concession de Briey, l'établissement d'un siège complet revient à près de 6 millions de francs.

Pour la mise en valeur des cinquante concessions du bassin, la dépense totale atteindra donc près de 300 millions. Et si l'on fait entrer en ligne de compte les frais de la campagne de recherches (sondages et autres travaux), les dépenses d'intérêt général, chemins de fer, routes, canaux, etc., nécessitées par le développement industriel d'une région offrant très peu de ressources, on arrive à trouver qu'il faudra près d'un milliard pour mener à bien le développement économique du bassin de Briey.

Cette évolution se fera lentement, mais nous pouvons dire sûrement et sans bluff avec l'aide des capitalistes français qui trouveront dans ces mines une sécurité et des garanties de tout premier ordre pour leurs placements.

En résumé, la mise en exploitation des riches gisements miniers de Briey doit assurer un essor merveilleux à notre exportation nationale.

Mais, pour cela, il faut absolument obtenir des tarifs de transport très économiques et faciliter ainsi l'envoi de nos minerais vers Dunkerque. C'est à cette œuvre que doivent tendre tous les efforts des pouvoirs publics et des industriels.

Nous terminerons ce rapide exposé en décrivant sommairement l'état d'avancement des travaux dans les différentes concessions du bassin de Briey, ce qui permettra de mieux juger de l'essor que prend la région minière de Briey.

Concession d'Homécourt.

894 hectares.

Date d'institution : 11 août 1884.

Cette concession est exploitée par la Compagnie des Aciéries de la Marine et d'Homécourt.

Elle appartenait à la Société de Vezin-Aulnoye qui a été absorbée par les Aciéries de la Marine.

La mine d'Homécourt est exploitée au moyen de deux puits: l'un situé dans les usines d'Homécourt et l'autre situé à 4 km de ces mêmes usines.

La production de cette mine a été de :

1 681 000 t en 1907;
1 029 000 t en 1906;
883 000 t en 1905.

La recette de la couche grise est située à une profondeur de 92,49 m.

Concession de Joeuf.

1 312 hectares.

Date d'institution : 17 août 1885.

Concessionnaires : MM. de Wendel et C[ie], qui exploitent directement cette concession.

Cette mine a produit :

354 000 t en 1907, contre
320 000 t en 1906 et
309 000 t en 1905,

avec deux puits, dont le fonçage a été effectué de 1892 à 1895.

Tout le minerai extrait sert à l'alimentation des hauts fourneaux de Joeuf.

Concession de Moutiers.

696 hectares.

Date d'institution : 11 août 1884.

Concessionnaire : Société Métallurgique de Gorcy.

Exploitant : Société de Moutiers, Société anonyme au capital de 2 500 000 f.

Capital-obligations : 1 500 000 f.

Les Sociétés participantes sont :

Société Métallurgique de Gorcy;

Société de Differdange (Deutsche-Luxemburgische);

Société d'Ougrée-Marihaye;

Société John Cockerill, à Seraing (Belgique).

Au 30 juin 1907, la longueur totale des galeries exploitées était de 37 km.

La recette de la couche grise est située à la profondeur de 89,80 m.

La teneur en fer est d'environ 37 0/0.

La production a été de :

619 000 t en 1907, contre
483 000 t en 1906 et
401 000 t en 1905.

Concession d'Auboué-Moineville.

1 437 hectares.

Date d'institution : 9 août 1905.

Cette concession résulte de la fusion de deux concessions :

1° D'Auboué (634 ha) concédée le 11 août 1884 à la Société des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson;

2° De Moineville, concédée le 31 mars 1899 à MM. de Saintignon et Cie, à Longwy, et achetée par la Société de Pont-à-Mousson.

Les deux concessions réunies seront exploitées par un seul siège, celui d'Auboué.

Le puits n° 1 a 137 m. de profondeur et 5 m de diamètre utile. Il a été foncé par congélation (procédé Pœtsch).

On fonce actuellement un troisième puits qui sera muni d'une machine d'extraction électrique.

Dans la concession d'Auboué, la couche de minerai est à une profondeur variant de 91 à 175 m.

La production de cette concession a été de :

1 034 000 t en 1907, contre
912 000 t en 1906 et
605 000 t en 1905.

Concession de Pienne.

862 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900.

La concession de Pienne a été accordée à la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est qui l'exploite directement.

La production de cette mine a été de :

253 000 t en 1907, contre
123 690 t en 1906 et
68 000 t en 1905.

La couche grise se trouve à une profondeur de 219 m environ.

Concession de Landres.

533 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900.

Concessionnaire et exploitant : Société anonyme des Aciéries de Micheville.

Cette mine entre maintenant dans la période d'exploitation normale.

Elle a produit :

	289 000 t de minerai	en	1907,
contre	105 000	—	1906,
et	19 000	—	1905.

La production atteindra bientôt 3 000 t par jour, et l'outillage

de la mine permettra d'obtenir, si besoin, une production journalière de 5 000 t.

Le siège d'extraction comprend deux puits, l'un de 5,20 m de diamètre, l'autre de 4,50 m ; profondeur, 220 m.

La puissance de la couche grise est de 7 m environ.

La plus grande partie du minerai extrait est employée par les Hauts Fourneaux de Micheville.

CONCESSION DE TUCQUEGNIEUX-BETTAINVILLERS.

1 659 hectares.

Date d'institution : 3 janvier 1908.

Concessionnaire et exploitant : Société des Aciéries de Longwy.

Cette concession résulte de la fusion des deux concessions de :

Tucquegnieux, 1 196 ha
Bettainvillers, 463 —

La concession de Tucquegnieux a été accordée à la Société des Aciéries de Longwy le 31 mars 1899 ; celle de Bettainvillers, à la Société Métallurgique de Gorcy, par décret du 20 mars 1900.

En 1907, la Société des Aciéries de Longwy a acheté la concession de Bettainvillers à la Société Métallurgique de Gorcy.

Cette concession, limitrophe de celle de Tucquegnieux, sera exploitée par le siège de Tucquegnieux.

Le tonnage extrait en 1907 a été de 288 000 t
contre 104 000 t en 1906
et 66 000 t en 1905

Le développement actuel des galeries dépasse 9 km.

Les deux puits du siège de Tucquegnieux sont maintenant en service.

La recette de la couche grise est à une profondeur de 240 m environ.

CONCESSION DE SANCY.

735 hectares.

Date d'institution : 31 mars 1899.

Concessionnaire et exploitant : MM. Marc Raty et Cie, maîtres de Forges à Saulnes (M.-et-M.).

Le fonçage du premier puits a été commencé en août 1904 et la couche grise a été recoupée en février 1905 à la profondeur de 236 m.

La production de cette mine a été de 91 000 t en 1907.

Concessions d'Amermont et Dommary.

1 383 hectares.

Le décret de fusion de ces deux concessions n'a pas encore paru.

Société exploitante : Société des Mines d'Amermont et Dommary (en formation).

Capital actions : 5 millions.

Capital obligations : 5 millions.

La concession de Dommary (475 ha) a été accordée le 20 mars 1900, à un consortium composé de :

MM. Capitain-Gény et Cie, maîtres de forges à Joinville (Haute-Marne), MM. Marcellot et Cie, maîtres de forges à Eurville (Haute-Marne), « Société des Forges de Champagne » à St-Dizier.

Celle d'Amermont (546 ha) a été instituée également le 20 mars 1900 en faveur de MM. de Saintignon et Cie à Longwy et la « Société des Forges de la Providence », à Marchienne-au-Pont (Belgique).

La Société sollicite du Gouvernement la fusion et une extension de ces deux concessions.

La mise en exploitation de ces deux concessions est poussée avec grande activité.

Le puits n° 1 a été arrêté à la profondeur de 255 m et a rencontré la couche grise à 238,80 m.

On procède à l'armement de ce puits pour une production de 1 000 t par jour, que l'on espère atteindre en juin 1908.

Le puits n° 2, en fonçage, est actuellement à la profondeur de 70 m.

Concession de Joudreville.

501 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900.

Concessionnaire : « Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville ».

Cette concession est exploitée par la « Société civile de Joudreville » (Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, et Société anonyme des Hauts Fourneaux de la Chier).

Siège social : 16, place Vendôme, à Paris.

Durée : 50 ans.

Le capital de 7500000 f est divisé en 60 parts de 125000 f chacune.

Vingt parts ont été attribuées à la Société de Commentry-Fourchambault en représentation de ses apports. Les quarante autres parts ont été souscrites en espèces par les deux Sociétés intéressées.

La Société civile de Joudreville a émis 2500000 f d'obligations 4 0/0.

Les travaux des installations extérieures sont très avancés.

En janvier 1908, la profondeur du puits n° 1 était de 195 m et on approchait de la formation ferrugineuse.

Concession de Valleroy.

886 hectares.

Date d'institution : 10 mars 1886.

La concession est exploitée par la « Société anonyme des Mines de Valleroy » (Société des Aciéries de Longwy et MM. Rœchling, maîtres de forges à Sarrebruck).

Siège social à Mont-Saint-Martin (M.-et-M.).

Durée : 99 ans.

Capital social 9 millions en 18000 actions de 500 f, dont 16050 actions attribuées à la Société des Aciéries de Longwy en représentation de l'apport de sa concession, et 1950 souscrites en espèces.

Obligations : 5 millions en obligations de 500 f 4 0/0.

On s'occupe actuellement des travaux préliminaires au fonçage en procédant à l'exécution d'un sondage à sec à grand diamètre.

Les travaux de surface sont poussés activement et le fonçage du puits se continuera pendant 1908.

Concession de Murville.

496 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900.

Concessionnaire : « Société Métallurgique de Senelle-Maubeuge ».

Exploitant : « Société des Mines de Murville » (Société de Senelle-Maubeuge et Hauts Fourneaux Lorrains d'Aumetz-la-Paix).

Capital actions 10 millions de francs en 21 000 actions de 500 f chacune.

16 000 actions ont été attribuées à la Société de Senelle-Maubeuge en représentation de l'apport de sa concession,

4 000 actions ont été souscrites en espèces.

La Société de Murville a émis 4 millions d'obligations de 500 f 4 0/0.

Siège social à Longwy-Bas.

Durée de la Société : jusqu'au 1er janvier 1958.

Le puits n° 1 est actuellement en fonçage. Sa profondeur dépasse actuellement 50 m. Ce puits aura 5,30 m. de diamètre.

Concession de Jarny.

812 hectares.

Date d'institution : 18 juin 1886.

Concessionnaire : Société Métallurgique de Senelle-Maubeuge.

Exploitant : Société des Mines de Jarny.

Les Sociétés de Senelle, Phœnix Hœrder, Hœsch, Haspe, sont intéressées dans la Société de Jarny.

Capital-actions : 6 millions de francs, dont 5 millions attribués à la Société de Senelle-Maubeuge en représentation de l'apport de sa concession.

Émission d'obligations : 4 millions en titres de 500 f 4 0/0.

Siège social à Longwy-Bas.

Durée de la Société, jusqu'au 1er janvier 1757.

L'avant-puits est commencé et le fonçage se continuera pendant 1908.

Concession de Saint-Pierremont.

917 hectares.

Date d'institution : 27 décembre 1903.

Cette concession, qui appartient aux Usines de l'Espérance à Louvroil, a été apportée à la Société civile des Mines de Saint-Pierremont.

Siège social à Mancieulles (Meurthe-et-Moselle).

Le capital social est fixé à 16 080 000 f, divisé en 1 608 parts.

Les participants de cette Société sont :

Société des Hauts Fourneaux de la Chiers : 1/12.

Société de l'Espérance à Louvroil : 2/12.

Société de l'Espérance-Longdoz : 2/12.

Gelsenkirchener Bergwerks Actien-Gesellschaft : 7/12.

Les installations extérieures du siège d'exploitation sont menées avec une grande activité.

Le fonçage du puits est commencé.

Concession de La Mourière.

474 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900.

Cette concession a été accordée à la Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Pompey, qui en a fait apport à la Société des Mines de La Mourière (Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Pompey, Compagnie des Minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid, Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry-Neuves-Maisons).

Siège social, 26, avenue de l'Opéra, Paris.

Capital social : 5 millions en 10 000 actions de 500 f. Sept mille actions ont été attribuées à la Société de Pompey en représentation de ses apports et 3 000 actions ont été souscrites en numéraire.

Obligations : 6 millions en titres de 500 f 4 0/0.

Durée : 50 ans.

Le fonçage du puits est commencé.

Au 1[er] mai 1908, le puits était à la profondeur de 48,70 m.

Concession d'Anderny-Chevillon.

1 916 hectares.

Date d'institution : 29 août 1906.

La concession d'Anderny-Chevillon provient de la fusion des trois concessions d'Anderny, de Chevillon et de Trieux.

Concessionnaire : Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt.

Exploitant : Société des Mines d'Anderny-Chevillon.

Siège social, 98, rue de la Victoire, Paris.

Capital : 10 millions, en 40 000 actions de 250 f, dont 12 000 actions (3 millions de francs) attribuées aux Aciéries de la Marine en représentation de l'apport de sa concession, consistant en l'amodiation pendant 60 ans. Sept millions d'actions ont été souscrites en numéraire, dont 2 millions de francs par la Compagnie de la Marine et 5 millions offertes aux actionnaires de la Marine.

Il a été créé en outre 20 000 parts bénéficiaires attribuées à la Compagnie de la Marine.

On évalue le tonnage exploitable de la concession à plus de 200 millions de tonnes.

La teneur en fer du minerai est de 34 à 40 0/0.

On rencontre la couche brune sous une épaisseur moyenne de 4 m dans presque toute l'étendue de la concession.

Concession de Droitaumont.

1 170 hectares.

Date d'institution : 5 août 1887.

Cette concession a été accordée à MM. Schneider et Cie, maitres de forges au Creusot, qui l'exploitent directément.

On prête l'intention au Creusot d'installer des hauts fourneaux sur sa concession de minerais.

Les études préliminaires de mise en valeur de la concesion sont très avancées.

Les travaux préparatoires sont en voie d'exécution.

Concession de Serrouville.

720 hectares.

Date d'institution : 17 mars 1884.

Concessionnaire : Société anonyme des Forges de Brévilly, à Brévilly (Ardennes).

Exploitant : Société des Mines de Serrouville.

Capital : 600 000 f divisé en 1 200 actions de 500 f.

820 actions ont été remises aux Forges de Brévilly en représentation de l'apport de la concession.

Siège social à Brévilly.

Concession d'Errouville.

948 hectares.

Date d'institution : 8 novembre 1895.

Concessionnaire : Société Lorraine Industrielle.

Cette concession sera mise en valeur par la Société d'Errouville (MM. de Wendel et Cie, Forges de Burbach).

Capital 3 millions en 6 000 actions de 500 f.

5 400 de ces actions ont été attribuées à la « Société Lorraine Industrielle », en représentation de ses apports.

La concession est encore vierge.

Concession de Conflans.

820 hectares.

Date d'institution : 12 décembre 1887.

Société concessionnaire : MM. Viellard, Migeon et Cie, à Morvillars (Haut-Rhin).

Société exploitante : Société Civile Minière de Conflans ; groupement constitué par :

MM. Viellard-Migeon ;

Forges et Aciéries de Dillingen (Allemagne) ;

Société des Forges de Vireux-Molhain ;

Société Métallurgique d'Espérance Longdoz.

Société des Usines de Montcheret (Belgique).

Siège social à Conflans (Meurthe-et-Moselle).

Durée : 99 ans.

La concession est encore inexploitée.

CONCESSION DE BELLEVUE.

589 hectares.

Date d'institution : 5 mars 1894-30 avril 1895.

Société Concessionnaire : Société Anonyme des Hauts Fourneaux de la Chiers.

Société exploitante : Société des Mines de Bellevue.

Siège social : Longwy-Bas.

Durée : cinquante ans.

Capital actions, 3 millions en 6000 actions de 500 f, dont 5600 attribuées à la « Société des Hauts Fourneaux de la Chiers » en représentation de ses apports.

Les 400 autres actions sont souscrites en numéraire.

La Société anonyme des Mines de Luxembourg et des Forges de Sarrebruck a pris une participation dans la Société des Mines de Bellevue.

CONCESSION DE BOULIGNY.

436 hectares.

Date d'institution : 20 mars 1900

Concessionnaire : MM. Chappée et fils, Ingénieurs-Constructeurs, au Mans.

Société d'exploitation : Société anonyme des Mines de Bouligny.

Capital 3500000 f en 7000 actions de 500 f. 4800 de ces actions complètement libérées ont été attribuées à MM. Chappée et fils en représentation de l'apport de la concession.

Durée de la Société : 99 ans.

Siège social : au Mans, place Saint-Pavin.

La Société Métallurgique de Sambre-et-Moselle à Montigny-sur-Sambre (Belgique), est intéressée dans la Société exploitante.

Concession de Jouaville.

1 031 hectares.

Date d'institution : 19 mars 1887.

Concessionnaire actuel : MM. Thyssen et Cie, Maîtres de Forges à Mulhein-sur-Rhur.

Quelques terrains ont été achetés pour les installations de surface, mais les travaux de mise en exploitation ne sont pas encore commencés.

Concession de Génaville.

686 hectares.

Date d'institution : 30 avril 1895.

Concessionnaire : Société des Aciéries de Micheville.

Aucuns travaux n'ont encore été faits dans cette concession.

Concession de Briey.

1 093 hectares.

Date d'institution : 7 avril 1887.

Concessionnaire : MM. Schneider et Cie, au Creusot, qui tiennent cette concession en réserve pour le moment.

Concession de Batilly.

688 hectares.

Date d'institution : 23 mai 1887.

Cette mine a été acquise par MM. Thyssen et Cie, maitres de forges à Mulhein-sur-Rhur, qui n'ont encore fait aucun travail préliminaire d'exploitation.

Concession de Mairy.

1 092 hectares.

Date d'institution : 31 mars 1899.

Cette concession a été accordée à la Société anonyme des Hauts Fourneaux de Pont-à-Mousson qui la tient actuellement en réserve.

La Société de Pont-à-Mousson paraît, pour le moment, concentrer tous ses efforts sur la concession d'Auboué-Moineville.

Les concessions suivantes sont encore inexploitées et il n'a pas été formé de Sociétés pour leur mise en valeur :

Concession de Malavillers.

504 hectares.
Date d'institution : 3 juin 1902.
Concessionnaire : Société de Denain et d'Anzin.

Concession de Beuvillers.

723 hectares.
Date d'institution : 3 juin 1897.
Concessionnaire : Société des Hauts Fourneaux de la Chiers.

Concession de Bertrameix.

425 hectares.
Date d'institution : 20 mars 1900.
Concessionnaire : Société de Senelle-Maubeuge.

Concession de Mance.

720 hectares.
Date d'institution : 23 décembre 1903.
Concessionnaires : MM. de Wendel et Cie, maîtres de forges, à Jœuf.

Concession de Bazonville.

600 hectares.
Date d'institution : 31 mars 1899.
Concessionnaire : Société des Aciéries de Micheville.

Concession de Brainville.

1 155 hectares.
Date d'institution : 27 août 1889.
Concessionnaire : Société des Forges de la Providence.

CONCESSION DE FILLIÉRES.

805 hectares.

Date d'institution : 23 août 1896.

Concessionnaire : Société de Villerupt-Laval-Dieu.

CONCESSION DE LABRY.

858 hectares.

Date d'institution : 19 mars 1887.

Concessionnaire : Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry-et-Neuves-Maisons.

CONCESSION DE FLEURY.

808 hectares.

Date d'institution : 18 juin 1886.

Concessionnaire : Société des Aciéries de Pompey.

CONCESSION DE GIRAUMONT.

800 hectares.

Date d'institution : 18 juin 1886.

Concessionnaire : Compagnie de Châtillon-Commentry-et-Neuves-Maisons.

CONCESSION DE BRUVILLE.

874 hectares.

Date d'institution : 27 août 1902.

Concessionnaire : Société d'Études minières Lorraine.

CONCESSION D'HATRIZE.

842 hectares.

Date d'institution : 28 octobre 1902.

Concessionnaires : MM. de Wendel et C[ie], maîtres de forges, à Jœuf.

CONCESSION DE VILLE-AU-MONTOIS.

1 048 hectares.

Date d'institution : 23 novembre 1902.

Concessionnaire : Société des Recherches de l'Est.

CHAUFFAGE A NIVEAU

ET

A CIRCULATION ACCÉLÉRÉE

PAR

M. L. D'ANTHONAY

Cette communication a pour objet :

1° De décrire les principaux appareils de chauffage à eau chaude à circulation accélérée employés aujourd'hui ;

2° De les comparer entre eux ;

3° D'en souligner les avantages et les inconvénients ;

4° De fournir quelques renseignements approximatifs sur leurs prix de premier établissement, et leur consommation journalière pour un volume donné.

Toutefois, pour exposer la genèse de ce nouveau mode de chauffage, il est nécessaire de dire quelques mots de l'évolution par laquelle est passé le chauffage dans ces vingt-cinq dernières années.

Il y a vingt ans, le système en faveur dans les lycées était le chauffage à vapeur à moyenne pression (2 à 4 kg).

La longue expérience qui en a été faite permet aujourd'hui de l'apprécier à sa valeur et de savoir à quoi s'en tenir à son sujet.

De l'enquête faite dans un certain nombre de lycées, à Montaigne, Lakanal, Louis-le-Grand et Janson, il résulte qu'en général on se plaint de ce que dans les grands froids on n'obtient pas une température suffisante aux points les plus éloignés de la chaufferie, et surtout que l'entretien et la dépense de combustible y sont considérables et de beaucoup plus élevés, par exemple, qu'avec le chauffage à l'eau chaude employé au lycée Carnot ou ailleurs. Ainsi, dans les lycées cités plus haut, avec

la vapeur on dépense en moyenne 28 000 f pour 1 000 élèves, avec l'eau chaude, au contraire, la dépense n'est que de 13 000 f; à Lakanal, en particulier, avec la vapeur, la dépense d'exploitation est la suivante :

Entretien (pour 600 élèves)	.....	29 000 f
Combustible —	.....	22 000
TOTAL	....	51 000 f

soit 51 000 f pour 600 élèves! Ce chiffre dispense, comme on le voit, de tout commentaire. Dans ce lycée, le seul chauffage, dont l'entretien est presque nul est le chauffage Perkins (eau chaude). Ce compte rendu prouve que la vapeur, que l'on a fait exclusivement succéder à tout autre chauffage, coûte par exemple le double de ce que coûte l'eau chaude comme entretien. Dans les lycées, il ne répond donc certainement pas à ce qu'on aurait dû chercher.

A la vapeur à moyenne pression succéda le chauffage à vapeur *à très basse pression* qui a l'avantage d'être d'une souplesse très grande et, par conséquent, de s'adapter très facilement à nos besoins, d'être pour ainsi dire un chauffage domestique. Mais il n'est avantageux qu'à la condition d'être bien établi et muni d'un régulateur extrêmement sensible, ce qui est rare. Quoi qu'il en soit, il est plus cher d'entretien et de dépense de combustible que le chauffage à eau.

En Amérique, où on emploie l'eau chaude et plus encore la vapeur à basse pression, plusieurs essais ont été faits pour déterminer la valeur relative de ces deux systèmes.

Le premier essai enregistré fut fait à Massachusetts Agrucultural College par le professeur S. T. Maynard et les résultats ont été donnés dans les bulletins 4, 6 et 8 de la Mass. Exp. Station 1889-1890.

Cet essai a été fait sur deux maisons placées aussi près que possible l'une de l'autre et disposées de même.

Les observations ont été relevées avec le plus grand soin et par des observateurs entièrement désintéressés.

Voici les résultats concluants que l'on obtint :

Dans une première expérience on s'efforça d'obtenir une chaleur égale dans les deux maisons : l'eau chaude donna une économie de combustible de plus de 20 0/0.

Dans une deuxième expérience on s'appliqua à dépenser une

égale quantité de combustible dans chaque maison : l'eau chaude donna une température de 2 degrés de plus que dans la maison chauffée à la vapeur. Ces deux expériences sont donc absolument concluantes.

Si nous examinons maintenant l'emploi que nous faisons du chauffage à vapeur à basse pression dans nos maisons de rapport, nous savons que, pratiquement, il est bien difficile, sinon impossible, de régler la température intérieure ; que certains locataires, ne redoutant pas la chaleur, ne se plaignent jamais d'être surchauffés ; que pour éviter toutes réclamations le concierge laisse ses appareils en grande marche sans s'occuper de la température extérieure ; de là une dépense inutile de combustible.

Nous savons aussi que, si on diminue la pression de la chaudière à laquelle le chauffage est réglé, la vapeur n'arrive plus aux extrémités, ce qui amène des réclamations.

Avec l'eau chaude on n'a pas ces inconvénients, précisément parce que les différences de températures de l'eau permettent un réglage incomparablement plus grand que les différences de pression de la vapeur.

En un mot, avec la vapeur il faut un régulateur extrêmement sensible ou se donner la peine de faire le nécessaire et encore n'a-t-on pas toute satisfaction. Avec l'eau chaude, au contraire, le réglage est pour ainsi dire automatique et on n'a aucune peine à prendre. Cette dernière considération ne serait-elle pas suffisante pour en généraliser l'emploi, n'étaient les inconvénients dont nous allons parler tout à l'heure.

En dehors de ces considérations d'ordre économique, les appareils à moyenne ou très basse pression nécessitent ou l'existence d'une excavation en contrebas pour ramener naturellement les eaux condensées, ou l'emploi d'appareils spéciaux pour les élever à la chaudière.

Par conséquent, ils ne peuvent être employés ni dans les appartements de plain-pied ni dans les locaux où on ne peut pas établir de cave.

Cette nouvelle donnée du problème de chauffage devait donc ramener les constructeurs à l'emploi du thermosiphon, à la condition toutefois de le modifier pour le rendre partout utilisable.

Avant de parler des différents appareils auxquels le thermosiphon modifié a donné naissance, rappelons les conditions de marche de cet appareil.

Dans le thermosiphon ordinaire, la force motrice F qui met

l'eau en mouvement est due, comme vous savez, à la différence de densité des deux colonnes montantes et descendantes P — P'.

Pour $H = 1$

or $P = VD$ $P' = VD'$

d'où $F = VD - VD' = V(D - D')$;

$$\text{à 60 degrés } d = 0{,}983$$
$$\text{à 90 degrés } d' = 0{,}965$$

d'où $d - d' = 0{,}018$

d'où $F = 0{,}018$ m,

et pour un appartement de 3 m de hauteur :

$$H = 3 \text{ m};$$

d'où : $F = 3 \text{ m} \times 0{,}018 = 0{,}054$ m,

soit 5 cm.

La force qui met l'eau en mouvement est donc due à une charge de 5 cm d'eau environ, et encore, sans tenir compte des pertes de charge. De là des diamètres excessifs qui n'ont permis de l'employer utilement jusqu'à ce jour que dans les serres ou dans les constructions où les canalisations pouvaient rester invisibles.

Pour donner quelques chiffres approximatifs :

Un chauffage de 3 ou 4 pièces nécessitant environ 800 calories exigerait une chaudière dont le tuyau de départ serait d'environ 60 mm avec des arrivées d'eau sur les radiateurs en tubes d'environ 35 mm.

Pour 25 000 calories, les tuyaux de départ pourraient atteindre 9 à 10 cm de diamètre.

On ne se représente pas très bien un tuyau de ces dimensions passant le long d'une corniche ou d'une plinthe, dans un appartement d'un loyer un peu élevé.

Le problème était donc d'augmenter, par des dispositifs ingénieux, la force motrice de l'eau mise en mouvement pour pouvoir réduire le diamètre des tuyaux.

C'est précisément le problème qui fut résolu dans les différents appareils à circulation accélérée que nous allons examiner.

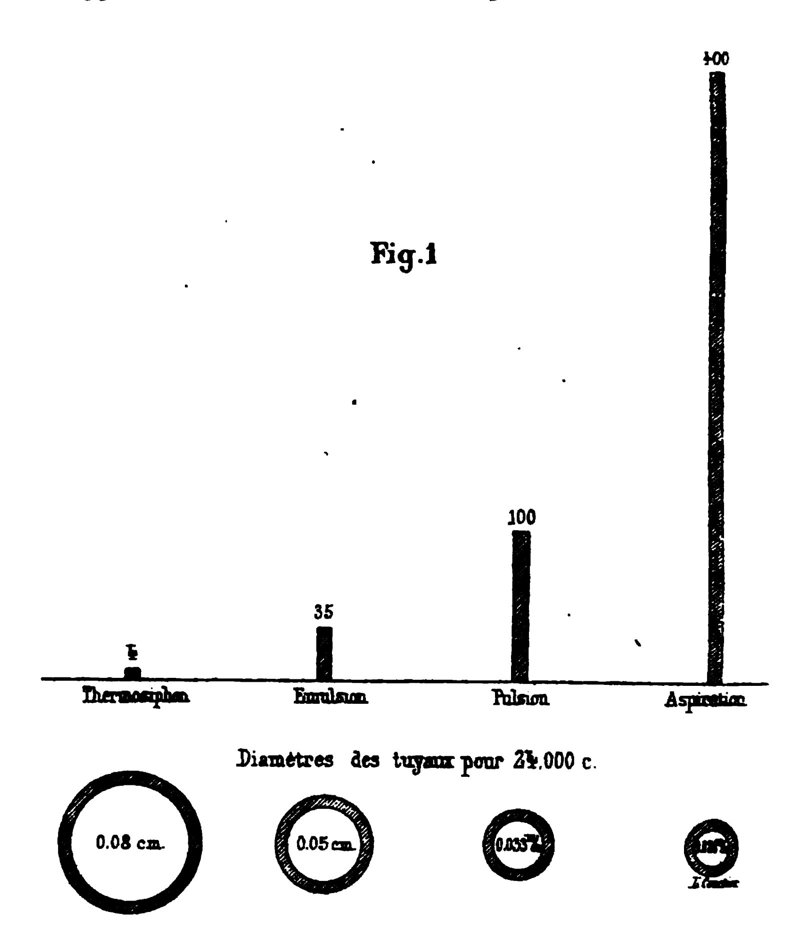


Fig.1

Ces chauffages, très nombreux à l'étranger, peuvent, chez nous, se ramener à trois types :

Le premier à émulsion,

Le deuxième à pulsions,

Le troisième à aspiration.

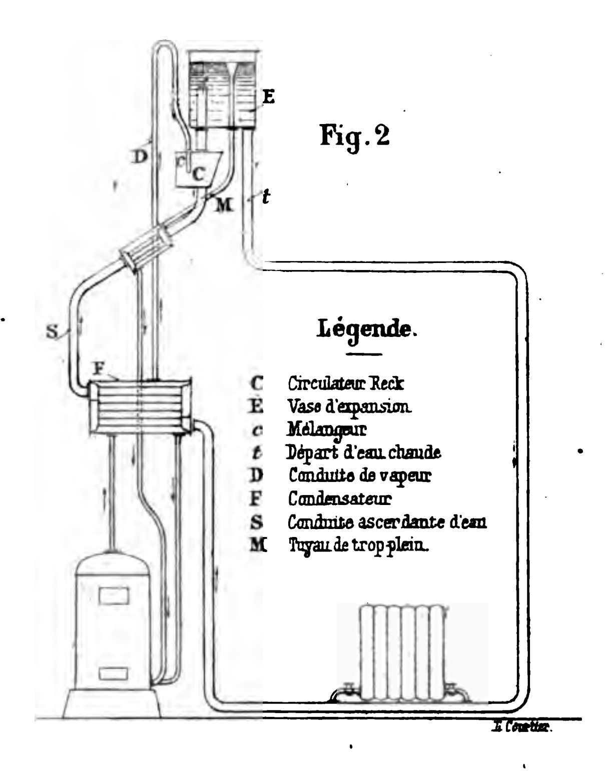
Ces différents systèmes donnent à l'eau des vitesses de circulation différentes qui schématiquement peuvent être représentées par la figure 1.

Appareil à émulsion de la maison Hamelle.

Ce système à émulsion *(fig. 2 et 3)* est un thermosiphon ordinaire additionné du circulateur Reck.

Le circulateur Reck est un dispositif qui se place sur la colonne ascensionnelle d'eau chaude et à sa partie supérieure.

Il est mis en communication avec une source quelconque de vapeur. Il a pour but de mélanger cette vapeur avec l'eau de ma-



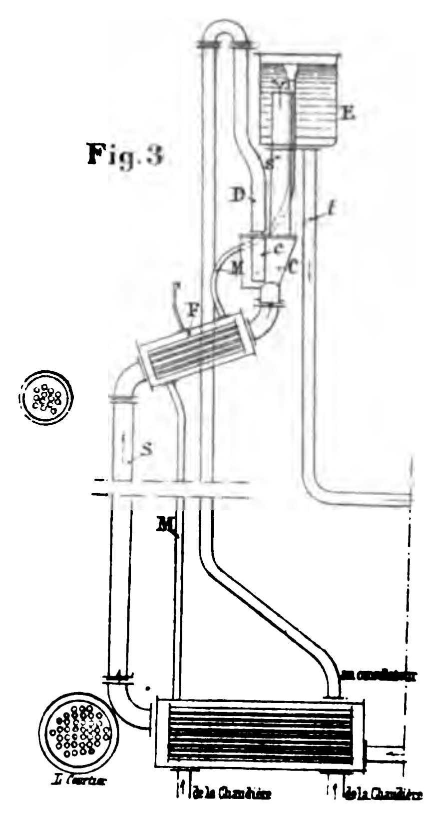
nière à former une sorte d'émulsion ayant un poids spécifique très faible.

Cette émulsion, de la colonne ascensionnelle, où elle remplace une certaine hauteur d'eau, a pour résultat de diminuer la charge due à cette eau chaude et d'augmenter relativement par ce fait celle de l'eau froide.

Il en résulte une augmentation considérable de vitesse de circulation d'autant plus forte que la hauteur du liquide émul-

sionné est plus grande et que la densité du mélange est plus faible.

Comme il est facile de varier à volonté la valeur de ces deux facteurs, en changeant la position du circulateur sur la colonne ascendante ou en variant la proportion de vapeur entrant dans l'émulsion, on reste maitre, avec le circulateur Reck, de produire, dans l'installation de chauffage, la vitesse de circulation qui convient.



Le fonctionnement du circulateur Reck est indépendant de la nature de la source qui produit la vapeur.

L'appareil peut être alimenté aussi bien avec la vapeur fournie par les générateurs spéciaux servant au chauffage domestique, qu'avec la vapeur prise sur les générateurs d'une usine ou recueillie sur l'échappement des machines motrices. Cet appareil a en outre l'avantage de ne pas se dérégler, puisqu'il ne comporte l'emploi d'aucun organe mécanique; et ensuite de pouvoir, dans les temps doux, et dans les installations à niveaux différents, fonctionner comme un thermosiphon ordinaire, ce qui est extrêmement avantageux.

Appareil à émulsion de la maison Grouvelle.

Cet appareil est basé sur le même principe. Mais c'est une chaudière à eau qui est chargée d'émulsionner la colonne d'ascension *(fig. 4)*.

Un vase I reçoit la conduite principale de retour, pour ramener la circulation à la chaudière à une température qui, au moyen

d'un régulateur d'admission d'air branché sur la fin du circuit, régit l'activité de la combustion.

Quand l'eau de la chaudière dépasse 100 degrés, il se produit de la vapeur dans le tuyau d'ascension G, là même où la pression de la colonne d'eau est égale à la pression de la vapeur saturée correspondant à la température. En montant, cette va-

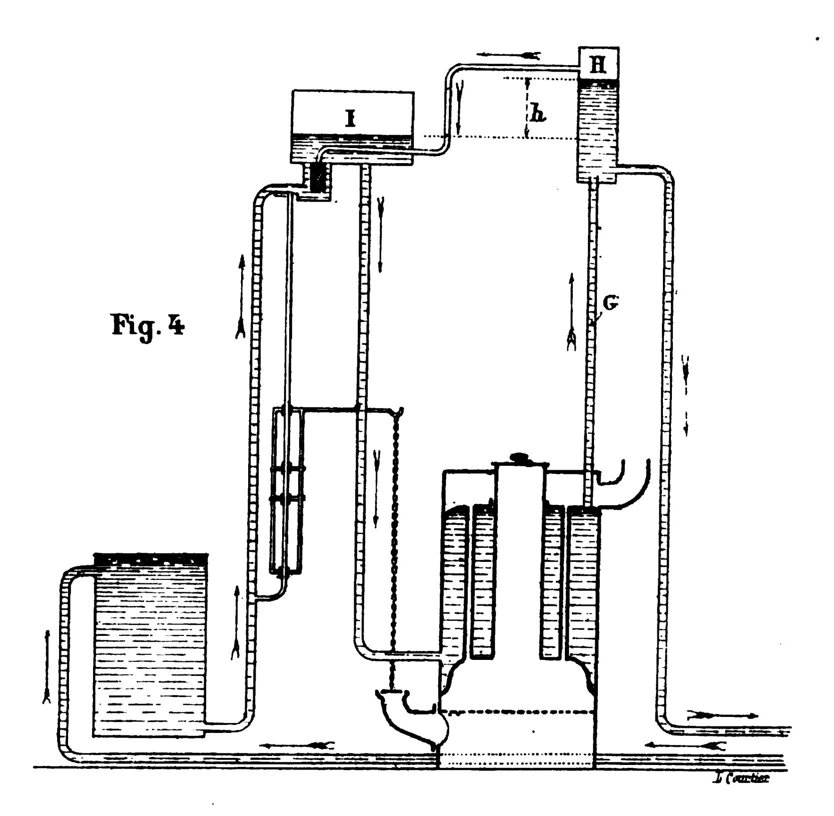


Fig. 4

peur pompe, en quelque sorte, l'eau de la chaudière, déterminant un courant du vase I dans le vase H. Cette action a pour effet d'élever le niveau de l'eau de H au-dessus de celui de I, à une hauteur *h* variable avec l'intensité de l'émulsion. Ainsi se produit une circulation continue, contre-balancée par un courant de H en I au travers des radiateurs.

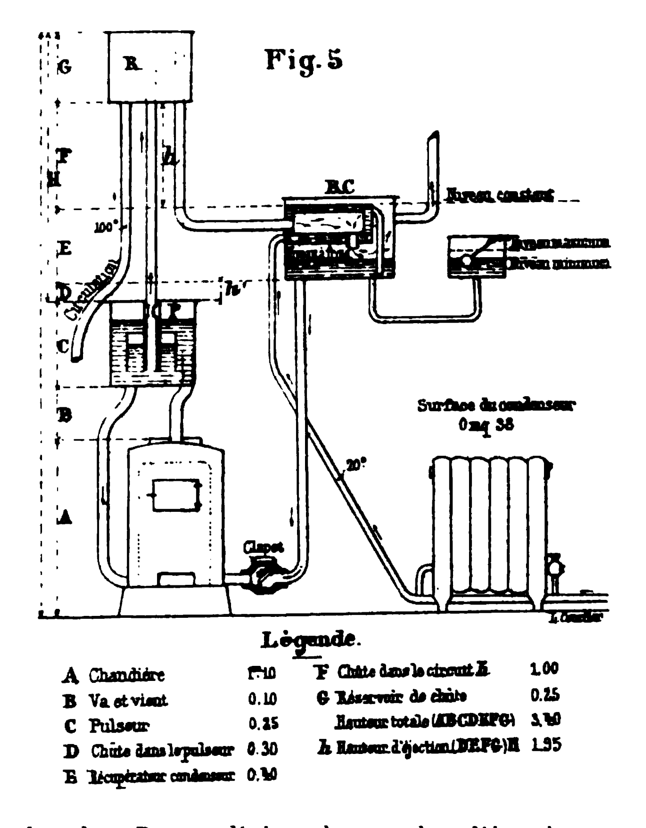
Pour que la vapeur puisse se produire sans qu'il y ait contre-pression, il faut qu'elle se condense à mesure qu'elle se dégage dans la partie supérieure de H. La condensation s'obtient en faisant aboutir la vapeur dans un barboteur plongé dans l'eau de retour à son entrée en I, c'est-à-dire dans l'eau refroidie par la

circulation à travers les radiateurs. On voit que la circulation peut être augmentée en surchauffant la chaudière, pourvu que la vapeur plus abondante ainsi lancée dans la colonne ascendante soit totalement condensée.

Pour éviter qu'un défaut de condensation fasse résistance au courant émulsionné, la partie supérieure de H est reliée à un régulateur de tirage qui, dès que la moindre contre-pression se produit, diminue ou annule la section d'appel de la cheminée de la chaudière.

Chauffage par pulsions, système Rouquaud.

Cette circulation rappelle celle de la lessiveuse, par son fonctionnement et par sa simplicité (*fig. 5*).



Une chambre P est adjointe à une chaudière à eau, pour loger un flotteur manométrique qui, tantôt emprisonne la vapeur

produite en P pour provoquer une expulsion de l'eau bouillante de cette chambre dans un vase culminant R, tantôt laisse échapper cette vapeur dans l'atmosphère au travers d'un condenseur plongé en RC dans l'eau de retour. Cette chambre est ainsi soumise à une alternation de pressions, l'une correspondant à la hauteur de la colonne d'eau à pulser, l'autre à la pression atmosphérique.

L'eau pulsée en R retombe par son propre poids dans le circuit à une vitesse commandée par la hauteur du vase d'expansion placé au-dessus de RC. Dans sa chute, elle y déplace un volume d'eau égal au sien, abandonne ses calories, fait retour à la chaudière, etc.

Ces deux phases de la circulation, l'élévation et la chute, sont assurées par l'interposition d'un clapet de retenue entre RC et la chaudière. Ce clapet demeure fermé lorsque la vapeur produite en P agit sur l'eau à pulser, et s'ouvre, au contraire, lorsque l'échappement de vapeur permet à l'eau en charge de RC de tomber en P.

Dans ce système, la quantité d'eau à pulser par heure est proportionnée à la fois au volume de la pulsion et à l'intensité du feu. On règle la circulation en faisant simplement varier le tirage. Le nombre horaire des pulsions se trouve alors augmenté ou diminué automatiquement selon le tirage établi.

Au début on pouvait craindre que le jeu du clapet ne soit toujours pas régulier. Mais cet organe, que nous retrouverons du reste dans les systèmes par aspiration, remplit bien son office. C'était à prévoir, car l'eau en circulation demeurant sensiblement la même, aucune cause d'obstruction n'est à redouter.

Il procure une vitesse cinq à six fois supérieure à celle du thermosiphon.

Les dimensions se calculent ainsi : si l'eau revient à 70 degrés par exemple, elle aura abandonné par litre :

$$100 - 70 = 30 \text{ calories.}$$

Si donc vous avez 12000 calories à fournir à l'heure, il vous faudra faire circuler en une heure :

$$\frac{12\,000 \text{ calories}}{30 \text{ calories}} = 400 \text{ litres,}$$

soit à la minute : $\frac{400}{60} = 6.6$ l.

Le pulseur devra donc, 60 fois dans une minute, provoquer l'ascension dont nous venons de parler pour fournir les calories voulues.

Chauffage par aspiration, système Nessi frères.

En substance, ce système se compose *(fig. 6 et 6 bis)* :

D'une chaudière à vapeur à basse pression P;

D'un réservoir, dit pulso-condenseur, chauffé par un serpentin S;

D'un réservoir dit de réamorçage B;

D'un réservoir d'expansion C.

Le réservoir A communique avec le réservoir C par le tube éjecteur *h* surmonté d'un clapet de retenue *k*.

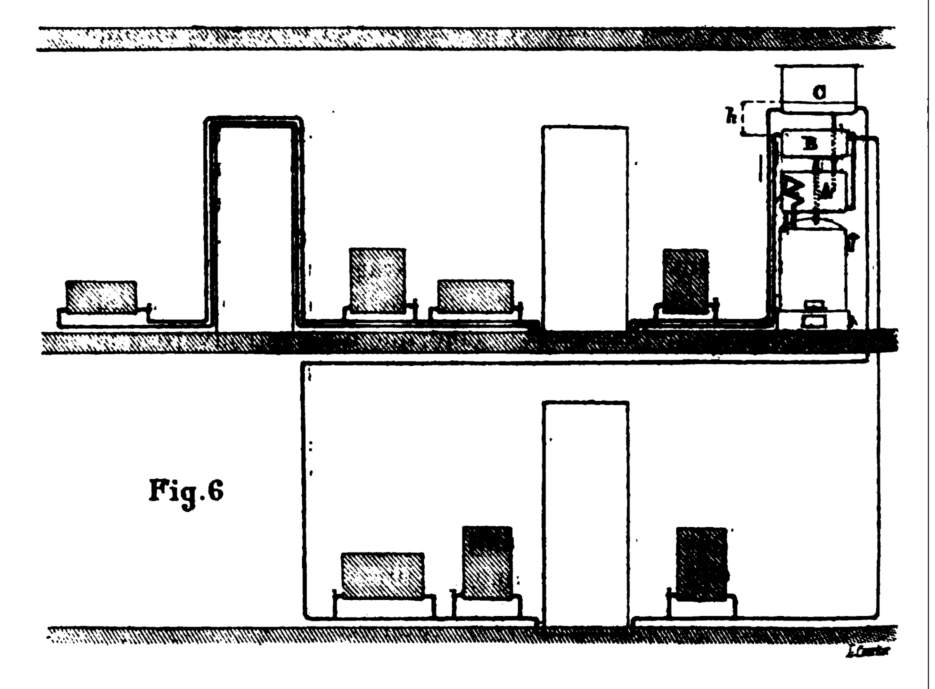


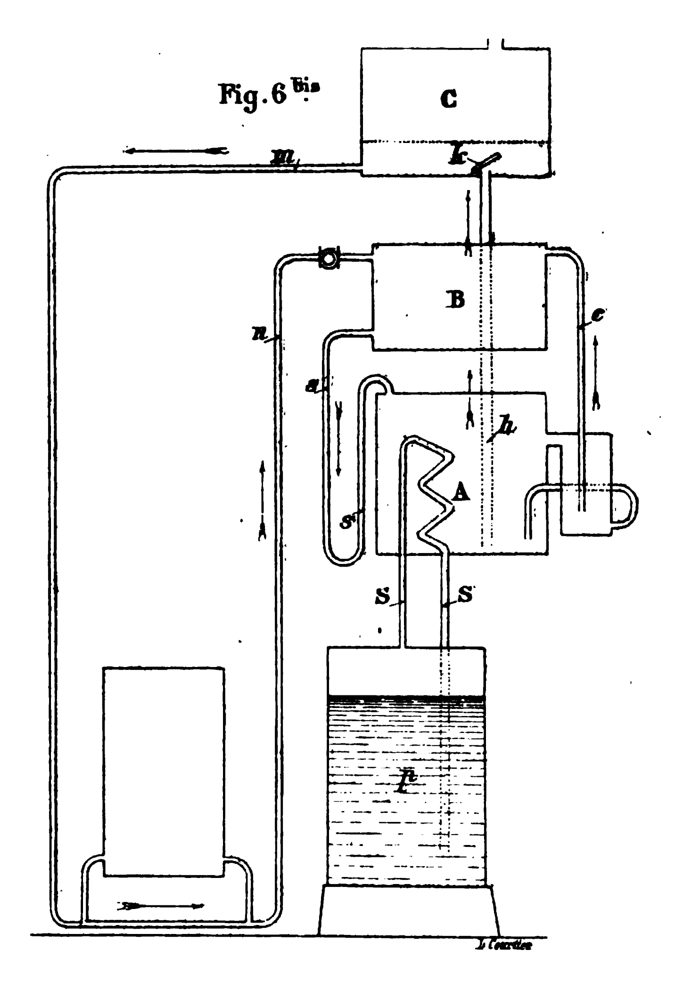
Fig. 6

Le réservoir A communique avec B par le siphon *s* et sa partie inférieure communique avec le haut de B par le tube *c*.

Au début, les réservoirs A et B sont pleins d'eau ainsi que le circuit de chauffage *m*, *n*, et les radiateurs. Le réservoir C est rempli jusqu'au-dessus du départ *m*.

L'eau du réservoir A est chauffée par le serpentin S, lequel

reçoit la vapeur produite dans la chaudière. Il arrive un moment où cette eau dégage des bulles de vapeur. Cette vapeur se rend à la partie supérieure du réservoir A et chasse l'eau du pulso-condenseur dans le réservoir C en soulevant le clapet *k*.



Par suite, le niveau baisse peu à peu dans le réservoir A, jusqu'au moment où l'extrémité inférieure du tube *c*, venant à se découvrir, laisse s'échapper la vapeur en B d'où l'eau se trouve envoyée en A par le siphon *s*.

La vapeur contenue dans le pulso-condenseur se condense alors et produit instantanément le vide. L'eau du circuit *m* est alors aspirée au travers de B et vient se déverser dans le réservoir A, en traversant les radiateurs où elle abandonne sa cha-

leur. Le clapet *k*, fermé interdit tout retour direct de l'eau de C en A.

L'eau aspirée du circuit arrive en A à une température assez basse pour contribuer à la production du vide.

Lorsque le pulso-cendenseur est entièrement rempli, les appareils se trouvent dans les mêmes conditions qu'au début. Sous l'action de la chaleur, les mêmes phénomènes se reproduisent par intermittence.

Le tirage de la chaudière peut être modifié de manière à accélérer ou à ralentir le nombre des pulsions à l'unité de temps.

Dans ce système, la circulation de l'eau dans le circuit est due non seulement à la différence des niveaux du départ et de retour, mais encore et surtout au vide résultant de la condensation de la vapeur.

Ce vide, au commencement de la mise en marche, est d'environ 7 à 8 m de hauteur d'eau. Quand le régime est établi, c'est-à-dire lorsque l'eau revient à 70, 80 degrés, ce vide est encore de 4 m, ce qui est considérable. Une telle aspiration permet de vaincre des pertes de charge énormes en réduisant beaucoup les diamètres de la canalisation.

Cet appareil essentiellement français, breveté en Allemagne, est dû tout entier à la Maison Nessi frères et lui fait honneur.

Appareil à aspiration de la Maison Leroy et Cie.

Le chauffage par aspiration a également pour adepte un autre constructeur, la Maison Leroy et Cie. L'appareil exploité par cette maison comprend *(fig. 7)* :

Une chaudière à vapeur à basse pression ;

Un réservoir à compartiments A et B, pour le chauffage de l'eau et sa mise en mouvement par la vapeur de la chaudière;

Un réservoir d'expansion culminant C, relié à A par le circuit EF.

La vapeur est admise directement en A et B en *d* par une conduite H.

Les compartiments B et A sont reliés par un clapet de retenue s'ouvrant de B en A.

Lorsque l'eau du compartiment B a atteint la température voulue, température variable de 50 à 100 degrés, selon les nécessités du chauffage, un dispositif ferme l'accès de vapeur et

envoie l'eau chauffée en A, d'où une autre admission de vapeur la refoule en C par le tube D. Un clapet *e* s'oppose à sa rentrée en A.

Dès que le compartiment B est vidé, l'admission de vapeur se trouve suspendue. Un vide se forme par condensation, activé

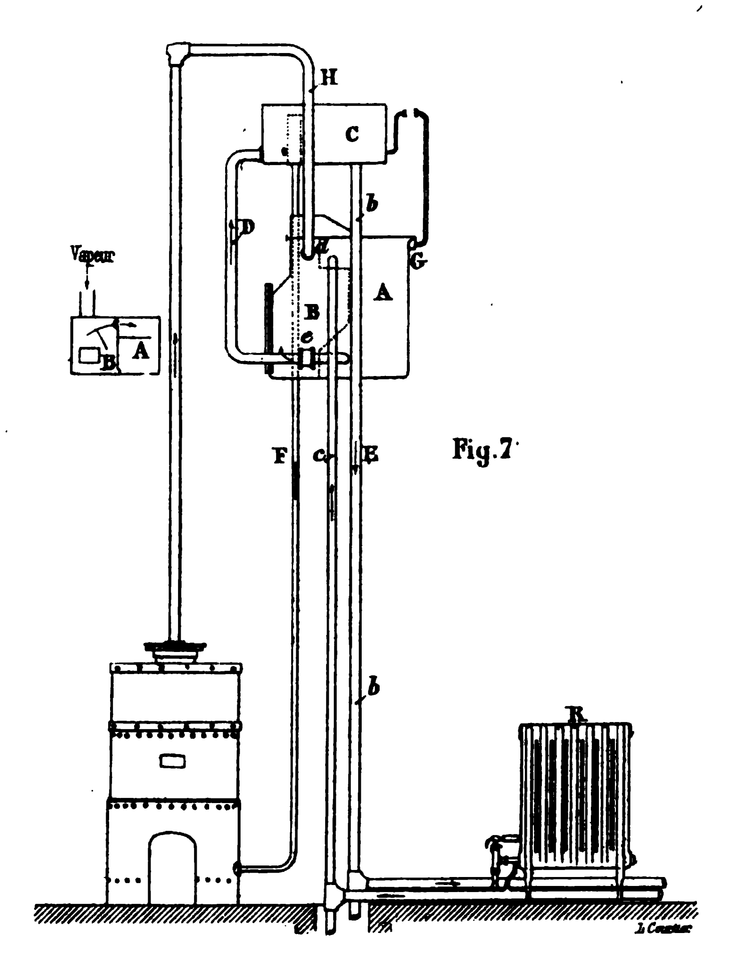


Fig. 7

par l'eau en charge de C, qui vient tomber en pluie au travers du circuit EF dans le compartiment B.

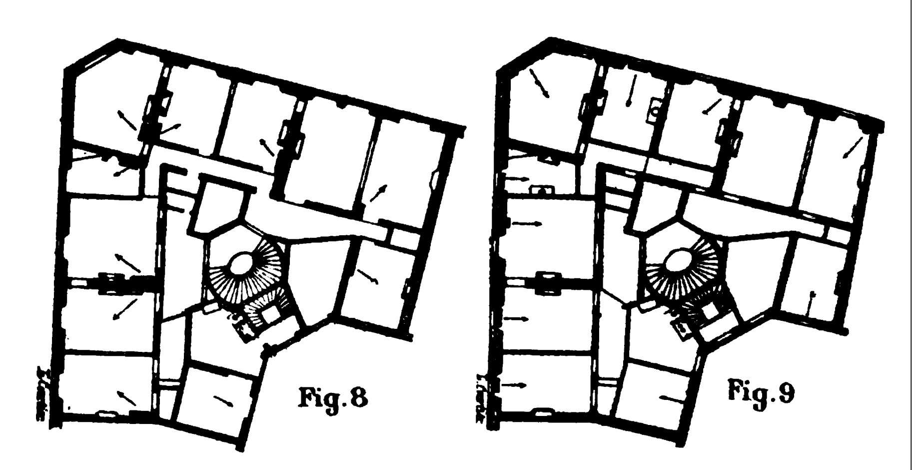
La force qui fait circuler l'eau est obtenue par la différence des niveaux des réservoirs superposés et principalement par le vide produit dans le réservoir inférieur.

La condensation de la vapeur servant de force motrice de l'élévation se trouve naturellement ramenée à la chaudière.

Le vide formé par l'appareil en pleine marche est d'environ 350 mm de mercure. Il est donc considérable et permet, comme dans le système Nessi, de surmonter des pertes de charge très importantes, et, par suite, de réduire très notablement le diamètre du circuit.

Voici maintenant quelques schémas permettant de comparer l'ancien mode de chauffage, par termosiphon, avec les appareils à circulations qui viennent d'être passés en revue.

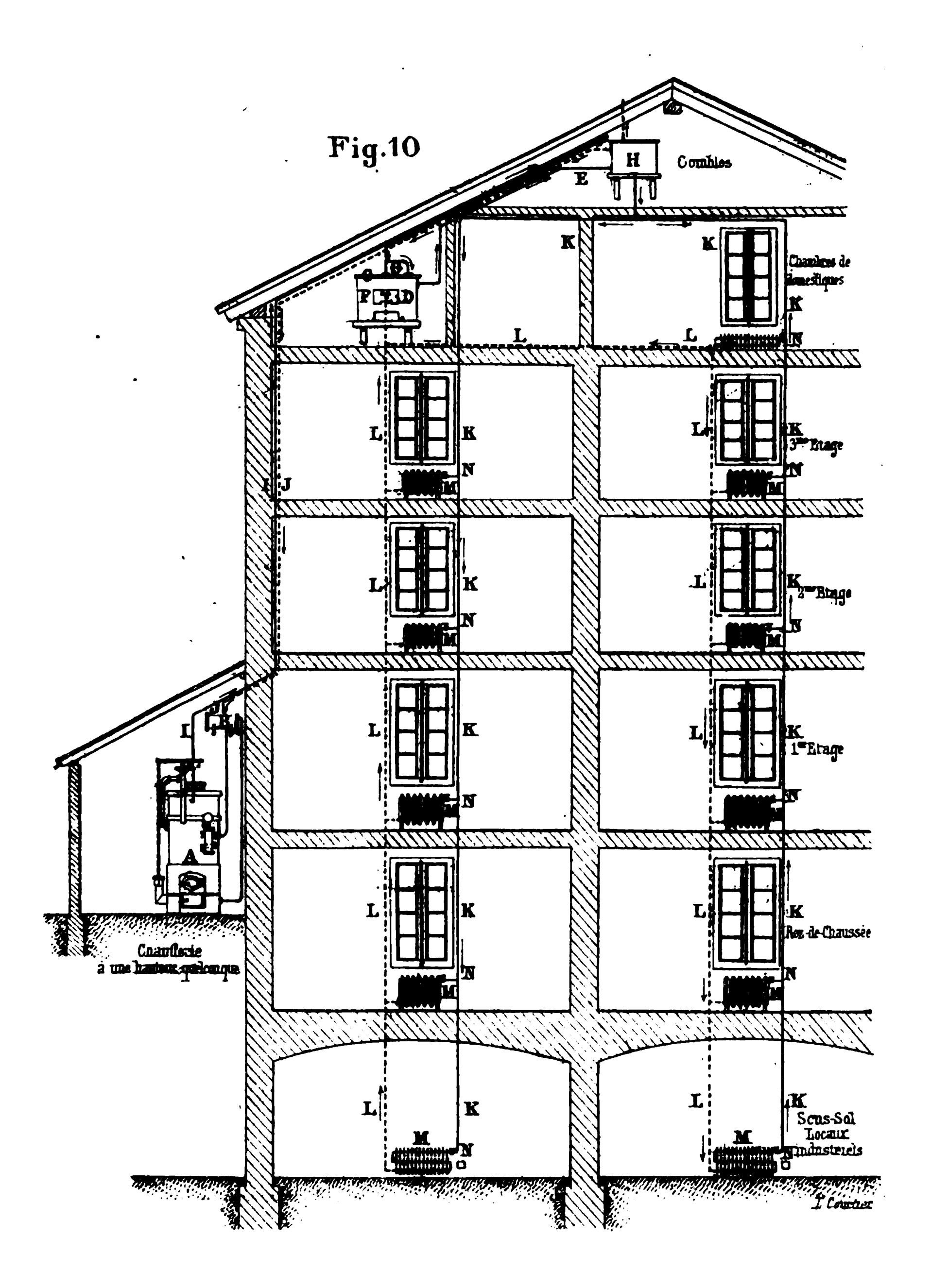
La figure 8 montre le côté défectueux de la distribution de chaleur par thermosiphon. Le calorique émis par les radiateurs se trouve cantonné vers les régions intérieures des pièces, et, malgré un parcours très réduit de l'eau chaude, se trouve canalisé dans une tuyauterie d'un diamètre très encombrant.


Fig. 8 Fig. 9

La figure 9 représente globalement les avantages de la circulation accélérée chauffant un local identique au premier. La chaleur émise forme un écran calorique disposé le long des parois extérieures, c'est-à-dire les plus froides, et, malgré une course triple ou quadruple, de l'eau chaude, est conduite aux radiateurs par une canalisation d'une section très réduite, et facilement dissimulable grâce aux évolutions qu'autorise sa force motrice en lui faisant épouser les saillies et rentrants des murs à chauffer.

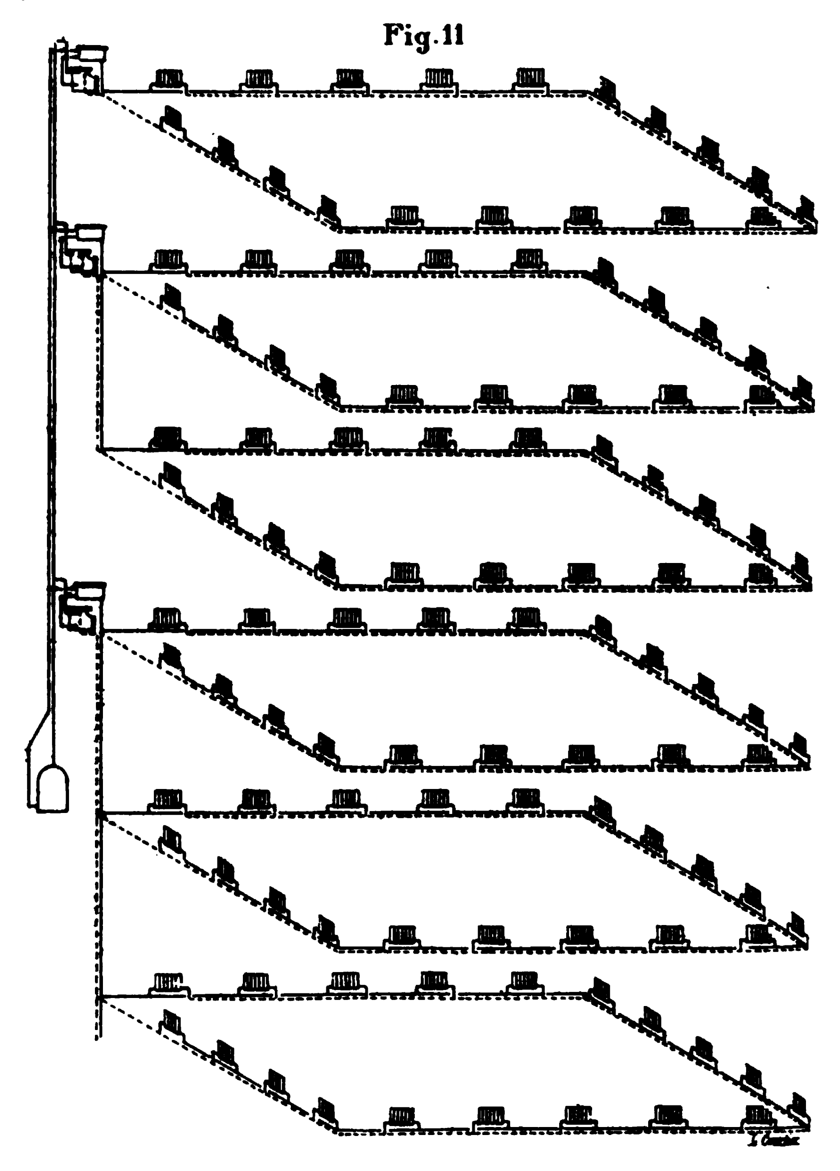
La figure 10 est celle d'une installation à circulation rapide, où on voit que le chauffage d'une maison de rapport, d'un nombre quelconque d'étages, permet de placer la chaudière à toute hauteur.

La figure 11 est également celle d'une maison à loyers. La


Fig.10
Combles
H
E
K
Chambres de domestiques
F
D
L
N
J
M
3me Etage
2me Etage
1er Etage
Rez-de-Chaussée
Sous-Sol
Locaux industriels
A
Chaufferie
à une hauteur quelconque

disposition montre la facilité avec laquelle le propriétaire peut suspendre le chauffage d'un étage sans influencer le chauffage général.

Fig. 11



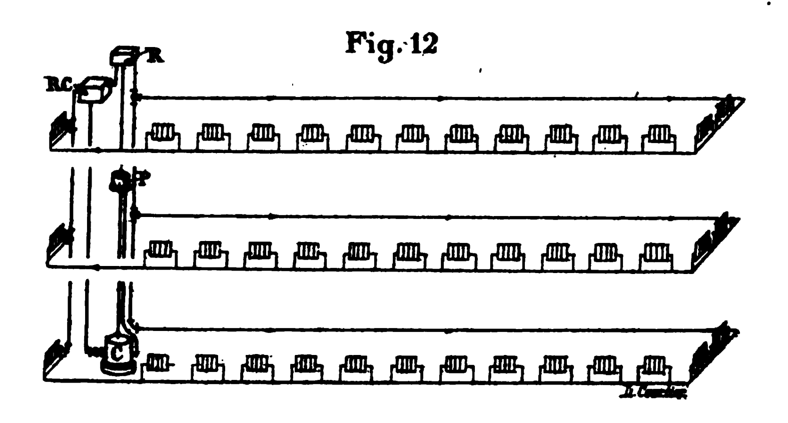
Voici quelques installations plus spécialement examinées par nous en vue de cette communication.

L'installation, faite à la Société Générale, boulevard Hauss-

mann, du système à pulsions de M. Rouquaud, exploité par la maison Bohain (*fig.* 12), comporte une chaudière à eau, un pulseur, un réservoir de charge et un récupérateur-condenseur.

La figure 13 est l'installation du théâtre Femina, système Nassi frères; il est à circulation rapide par aspiration; il a permis de

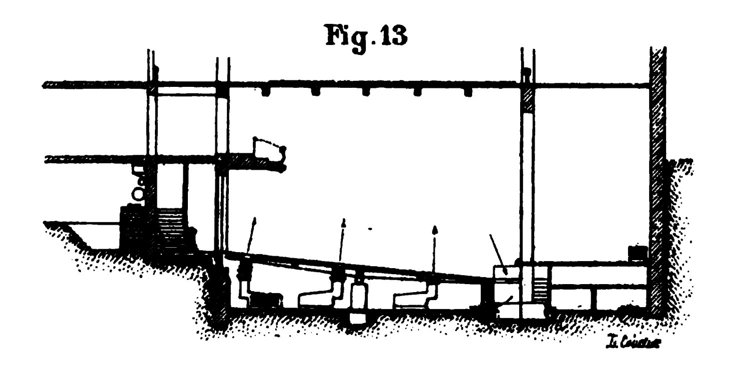
Fig. 12



ne pas creuser une cave en contrebas du théâtre, ce qui eût été extrêmement dispendieux étant donné l'importance de l'installation.

La figure 14 représente le chauffage du Comptoir d'Escompte, d'après le système à émulsion de M. Reck.

Fig. 13



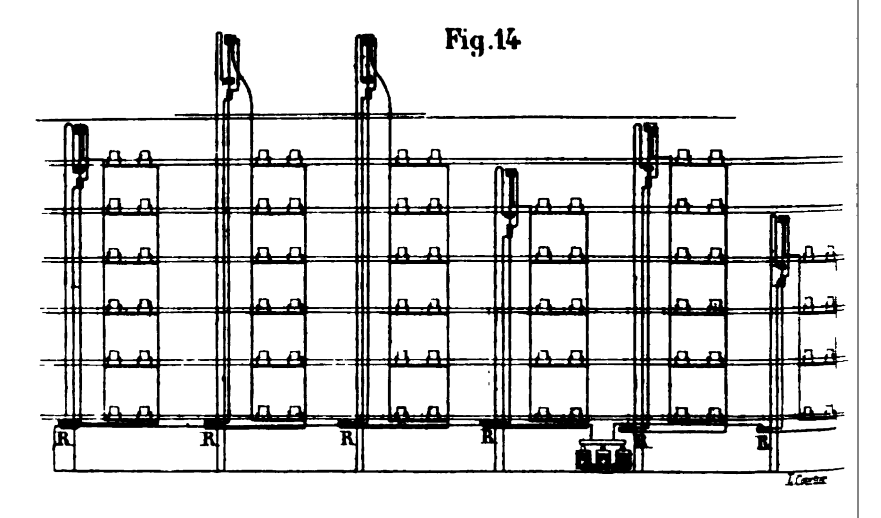
La vapeur de plusieurs chaudières jumelées est envoyée dans six relais R, absolument indépendants, fonctionnant comme un thermosiphon; par conséquent, avec tous les avantages de ce dernier, ce qui rend cette installation particulièrement intéres-

sante. Je ne lui ferai qu'un reproche, celui de manquer de ventilation.

La figure 15 est le chauffage d'une église, par MM. Leroy et ..
Le système à aspiration a permis de tourner la difficulté présentée par la hauteur des fenêtres.

On voit, en comparant l'ancien mode de chauffage à eau .. les modes nouveaux dits à circulation rapide, que les avantages de ces derniers se résument ainsi :

L'utilisation possible pour les petites installations du rayonnement de la chaudière, et, pour les grandes installations, l'avantage de transporter au loin une chaleur égale en créant de



relais R ou postes indépendants alimentés par de la vapeur prise à une même source *(fig. 14)* ;

Une canalisation de diamètre réduit, de 12/17, 20/27, tout au plus de 26/34 ;

Des radiateurs répartis plus rationnellement et d'une émission bien plus importante au mètre carré ;

D'où une utilisation bien supérieure des radiateurs.

L'affranchissement de l'obligation de la pente.

Des dépenses d'entretien moindres.

Une hygiène meilleure, puisque la température de la circulation d'une moyenne toujours inférieure à 100 degrés peut varier rapidement en dessous de ce maximum suivant les changements de la température extérieure ;

Une position de chaudière quelconque.

Une facilité d'adaptation à tous les locaux de plain-pied, comme les appartements;

Enfin, d'être absolument silencieux, ce qui est on ne peut plus appréciable.

En regard de ces avantages sont à inscrire, il est vrai, les inconvénients suivants :

L'addition au dispositif ancien d'un organe nouveau, émulseur, pulseur ou circulateur;

Une connaissance technique et une habileté de métier plus

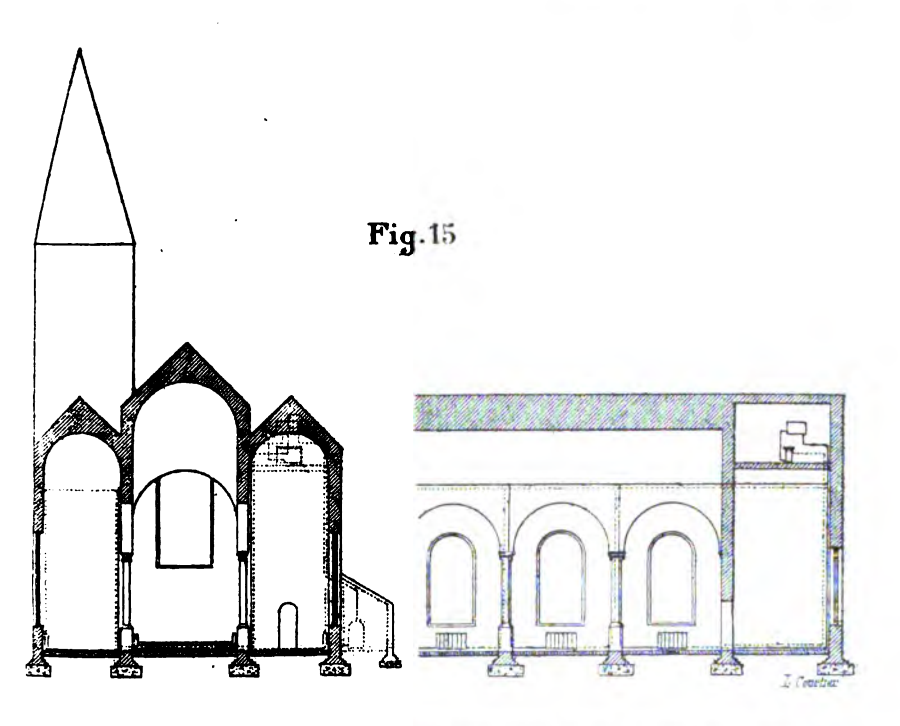


Fig. 15

approfondies, car la moindre défectuosité causée par une intelligence imparfaite du système ou un montage erroné peut compromettre le fonctionnement.

Si l'on compare la circulation accélérée au chauffage à vapeur à basse pression, on remarque que son action est moins rapide à la mise en marche. La distribution calorique est donc moins active et se fait plus attendre chaque fois que le chauffage doit être suspendu ou être intermittent.

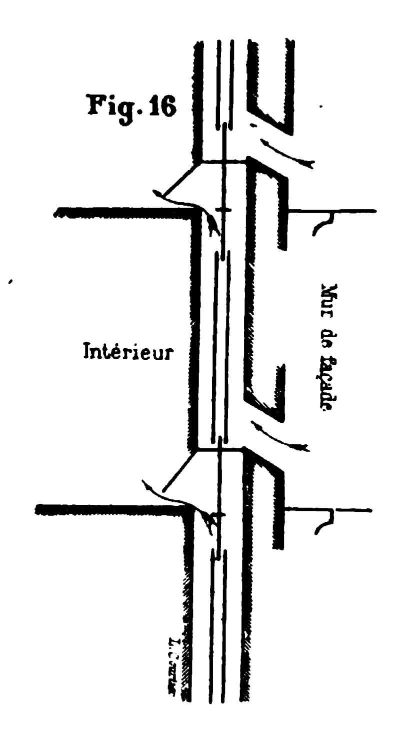
Quant au prix de revient, nous dirons, à titre de renseigne-

ment très général que les circulations rapides coûtent environ pour 1 000 m^3 représentant un refroidissement horaire de 25000 à 50 000 calories, 4 500 f de premier établissement, et 3 à 4 f de consommation journalière. Pour des chauffages de 500 m^3 correspondant à une déperdition de 15 000 calories, le prix de l'installation est d'environ 2 500 f et comporte une dépense moyenne de 1,50 f de combustible par jour.

En résumé :

On peut dire :

Que le chauffage à eau chaude à circulation accélérée est *encore aujourd'hui* un *chauffage d'exception*, intéressant et certainement appelé à rendre de grands services, mais à la condition expresse de n'être employé que par des constructeurs habiles et judicieux, et là seulement où le chauffage à eau chaude ordinaire n'est pas applicable;



Que dans beaucoup d'installations de moyenne importance, le chauffage à eau chaude (même à rayonnement direct) devrait

	VAPEUR		EAU CHAUDE	
	HAUTE PRESSION	BASSE PRESSION	THERMOSIPHON	CIRCULATION ACCÉLÉRÉE
Avantages	1. Grande portée. 2. Peu encombrant, maniable, rapide.	1. Grande portée. 2. Peu encombrant. 3. Maniable, rapide. 4. Entretien peu élevé. 5. Installation assez facile.	1. Entretien nul. 2. Bonne utilisation. 3. Température douce. 4. Maniable. 5. Réglable avec température extérieure. 6. Installation facile. 7. Chauffage à niveau.	1. Entretien nul. 2. Bonne utilisation. 3. Température douce. 4. Maniable. 5. Réglable avec température extérieure. 6. Grande portée. 7. Chauffage à niveau. 8. Peu encombrant.
Inconvénients	1. Prix élevé. 2. Entretien élevé. 3. Grande consommation. 4. Peu hygiénique. 5. Installation difficile. 6. Répartition difficile également. 7. Cave ou disposition spéciale.	1. Prix élevé. 2. Consommation assez élevée. 3. Peu hygiénique. 4. Difficilement réglable sans régulateur automatique, très sensible. 5. Cave ou disposition spéciale.	1. Prix plus élevé que vapeur. 2. Lent. 3. Encombrant.	1. Prix plus élevé que vapeur. 2. Installation difficile. 3. Plus lent que vapeur. 4. Organes accessoires.

être plus répandu qu'il ne l'est actuellement, et autant que possible combiné avec une arrivée d'air du dehors ;

Que, dans de grandes installations, on peut sans restriction recommander un chauffage mixte à eau ou à vapeur avec introduction d'air naturelle ou mécanique et réglage automatique d'arrivée de vapeur.

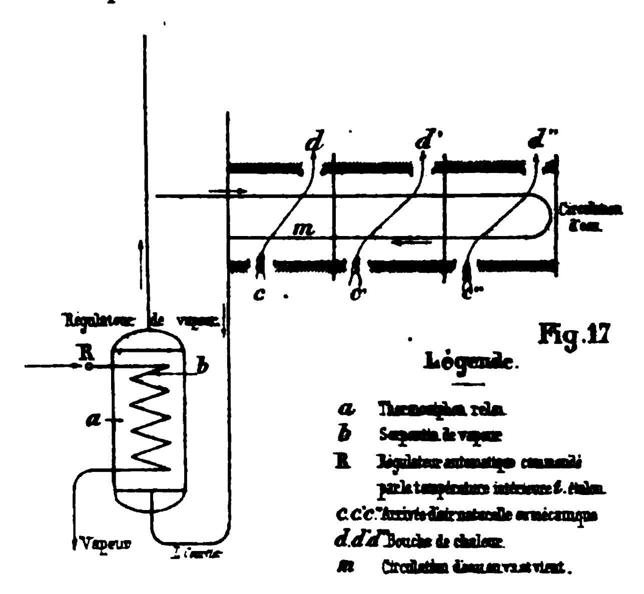


Fig.17

Il ne faut pas, toutefois, perdre de vue que chaque système a ses avantages et que chaque projet comporte une solution qui lui est propre. (Voir tableau.)

Il faut donc, avant de fixer son choix, ne jamais rien décider sans l'avis d'un Ingénieur autorisé et désintéressé, ce qu'on fait rarement, chacun prétendant résoudre à sa manière et très heureusement, l'un des problèmes industriels les plus complexes.

DE L'EMPLOI DU BENZOL

DANS

LES MOTEURS D'AUTOMOBILES

PAR

M. A. GREBEL

AVANT-PROPOS

La consommation d'essence pour automobiles, qui atteint actuellement, en France, 500 000 l par jour, va toujours croissant. Quoiqu'elle livre maintenant des produits pesant 715-730 et jusqu'à 760, au lieu de 680-700, l'industrie du raffinage du pétrole a plutôt du mal à suivre la demande. L'essence provient en majeure partie des pétroles américains et roumains et des nouveaux gisements de Sumatra ; les pétroles russes et galiciens n'en donnent pour ainsi dire pas et il faut, d'autre part, écouler les autres produits plus lourds de la distillation. Après avoir retrouvé momentanément, et par suite d'une lutte commerciale, les prix de débuts au milieu de l'année 1906 (soit 26,50 f l'hectolitre en gros), l'essence est remontée à 37,50 f.

Faisant abstraction d'une baisse récente et passagère, il faut considérer qu'elle remontera bientôt et se maintiendra aux environs de 35 f. Et ce n'est pas une des moindres préoccupations du monde automobiliste. En particulier, pour les « poids lourds », il y a là un danger menaçant.

On a beaucoup poussé à l'emploi de l'alcool, « produit national » ; mais celui-ci, malgré les belles études de Sorel, l'appui du Gouvernement, les efforts de nombreux Congrès, n'a pu se créer une place sérieuse à côté de l'essence.

En Allemagne, où la campagne fut non moins ardente, les résultats ne sont pas plus brillants. Laissez-nous vous citer un fait absolument probant : A Berlin, des ordonnances municipales

imposent encore l'usage exclusif de l'alcool pour l'automobile. Les autorités, chargées de les faire respecter, sont forcées de fermer les yeux.

Il faut, en effet, pour utiliser convenablement l'alcool, non seulement des carburateurs spéciaux à grand réchauffage, mais encore des moteurs de construction spéciale à forte compression (10-8 kg au lieu de 5-3) ; quelques-uns ajoutent que ceux-ci doivent être à longue course (1).

Pur, il ne se prête pas aux démarrages faciles. Tel qu'on le livre au commerce, il ne laisse pas d'attaquer souvent les métaux, soit par les éthers et aldéhydes qu'il contient, soit par les acides et autres produits de sa combustion incomplète (2).

De plus, écueil beaucoup plus grave, ses cours subissent des fluctuations énormes dont on n'a pas encore su se rendre maître. Présentement, l'alcool ne peut songer à entrer en lutte avec l'essence que sous forme d'alcool carburé. Non seulement le benzol qu'on lui incorpore en fait un produit meilleur, utilisable dans les moteurs d'automobiles ordinaires sans grand changement, mais il abaisse considérablement, grâce à son propre bas prix, le prix du mélange.

Nous avons entendu avouer, par des autorités dévouées à la question de l'alcool, que les consommations par cheval-heure en alcool carburé à différents pourcentages, se trouvent sensiblement représentées graphiquement par une droite joignant la consommation 0,6 l pour l'alcool pur à 0,4 l pour le benzol. Nous nous sommes alors demandé pourquoi on n'a jamais soulevé sérieusement la question d'emploi d'alcools plus carburés que 50 0/0 et du benzol seul ? Plus on ajoute de ce dernier, meilleure est la consommation, *quand on règle convenablement la carburation*. Le titre fatidique de 50 0/0 n'est pas très justifié, si ce n'est pas le désir de mettre de... l'alcool dans l'alcool carburé. Ce dernier présente, toutefois, une certaine facilité de combustion.

Nous sommes persuadé qu'à cause de sa nature même l'al-

(1) On attribue à l'alcool un rendement thermodynamique intrinsèque plus élevé que l'essence (pouvant atteindre 30 0/0 au lieu de 25 0/0).

(2) Des polémiques sur ce sujet des attaques par les divers carburants, il n'est encore rien sorti de définitif. Les uns discutent de sentiment, les autres se forgent une opinion sur des essais qui ne correspondent nullement aux circonstances de la pratique. Nous croyons, quant à nous, qu'on exagère les méfaits dus au soufre. Sa combustion ne donne que du SO^2, inoffensif tant qu'on ne descend pas au-dessous des températures à partir desquelles il peut former du SO^4H^2 en présence de l'H^2O. Les impuretés des hydrocarbures, constituées par des composés azotés susceptibles de donner de l'Az et certains produits de la combustion incomplète des hydrocarbonés nous paraissent plus dangereux.

cool pur, comme le pétrole lampant et tous les carburants très lourds, ne trouvera jamais d'application générale aux moteurs d'automobiles dont le caractère essentiel est une extrême souplesse de marche à des allures excessivement variables.

Faut-il donc lier quand même le sort de l'alcool à cet emploi spécial auquel il n'est pas approprié? Pourquoi ne pas le réserver carrément pour les moteurs fixes et pour certains moteurs de navigation?

Il y a évidemment, pour la France, un grand intérêt économique à développer l'emploi de l'alcool dans les moteurs, et nous nous en voudrions de toucher à cette noble cause; mais il ne faut pas oublier qu'étant donnée sa production limitée on ne pourrait augmenter beaucoup et rapidement la consommation de l'alcool, sans le voir monter à des cours inabordables. Peut-être de nouvelles dispositions fiscales de faveur et surtout la création d'un cartel, qui paraît bien difficile à réaliser, arriveront-elles à donner quelque fixité à son prix de vente (1).

Le pétrole lampant ordinaire, dont la température de décomposition pyrogénée est malheureusement très voisine de la température d'ébullition à la pression atmosphérique, ne paraît pas devoir donner de meilleurs résultats que l'alcool pur dans les automobiles. Que dire alors de la complication et du peu de sûreté de fonctionnement des carburateurs, très ingénieux du reste, combinés pour l'emploi d'un hydrocarbure solide à très faible tension de vapeur, comme la naphtaline — hydrocarbure dont le marché est encore à créer?

A côté de l'alcool dénaturé, il y a donc de la place pour un autre carburant : *le benzol*, méritant, lui aussi, le titre de produit national, puisqu'on l'extrait de la houille.

Par son analogie avec l'essence, il est le combustible le mieux placé pour la concurrencer et mettre un frein à l'accroissement de son prix.

(1) Avant de devenir alcooliste, en tant qu'inventeur de lampes à incandescence, feu Lecomte exposa, dans une controverse avec M. Denayrouse, que l'infériorité relative de l'alcool comme combustible industriel tient à son infériorité absolue au point de vue de l'économie générale. L'énergie calorifique représentée par l'alcool provient de l'énergie solaire actuelle qui s'accumule dans des plantes à sucre ou amidon. Pour l'en extraire, il faut mettre en jeu de l'énergie solaire ancienne emmagasinée dans la houille. On consomme, par litre d'alcool, plus de 1 kg de charbon pour la force motrice, la distillation et la rectification. Donc, rien qu'en énergie solaire ancienne, on dépense 8 000 calories pour recueillir moins de 5 000 calories sous forme d'alcool, produit qui ne possède pas comme combustible de supériorité bien spéciale sur ses concurrents. L'opération n'est pas précisément fructueuse. Et c'est là une de ces choses contre lesquelles les artifices des lois humaines ne peuvent prévaloir.

Enfin, l'organisation d'un « Comptoir des Benzols », profitant de l'acquis d'une Société de pétroles et huiles, permet de répondre à l'objection de difficulté de ravitaillement, dont on fait un si grave grief à l'alcool.

Économie.

Avec les cours suivants (marchandises en petits bidons) :

Hors Paris (1). . .	Essence.	0,33 f	le litre ou 7 700 calories
Dans Paris (1). . .	—	0,53 f	
Hors ou dans Paris (1)	Alcool.	0,50 f	le litre ou 4 900 calories
Hors Paris (1). . . .	Benzol.	0,29 f	le litre ou 8 800 calories
Dans Paris (1). . . .	—	0,39 f	

L'économie, à égalité de rendement thermodynamique, est respectivement de :

23,2 et 35,6 0/0 hors et dans Paris,

68,2 et 56,6 0/0 hors et dans Paris,

en substituant l'emploi du benzol à celui de l'essence et à celui de l'alcool dénaturé.

LE BENZOL

Provenance.

Le benzol, désigné parfois sous l'expression plus explicite de benzine de houille, est extrait de la houille. C'est un sous-produit de la fabrication du coke métallurgique, et la presque totalité du benzol provient de cette source. Il est recueilli par dissolution en lavant à l'huile lourde le gaz distillé de la houille. On désessencie ensuite cette huile dans des appareils distillatoires. Le benzol brut obtenu (2) est rectifié en colonne pour enlever les

(1) Les droits d'octroi sont à Paris :
De 19,80 f l'hectolitre sur l'essence.
De 10,20 f l'hectolitre sur le benzol.
Et de 0,00 f l'hectolitre sur l'alcool dénaturé.

(2) M. P. Mallet en effectue déjà un premier classement immédiat dans ses nouveaux appareils à condensation méthodique.

produits de tête (sulfure de carbone CS^2, carbures légers) et de queue (naphtaline, goudrons, etc.). Puis il est lavé à l'acide, la soude et quelquefois d'autres réactifs, pour enlever les produits moyens nuisibles (thiophène C^4H^4S, naphtaline, etc.).

Les benzols mal lavés laissent des résidus goudronneux qui bouchent les filtres d'alimentation des niveau-constant des carburateurs ; leurs gaz de combustion sont mal odorants et corrodants.

Dans les cokeries montées avec récupération, à l'inverse de ce qui se passe dans les usines à gaz, le gaz est considéré comme un sous-produit servant au chauffage des fours. Si on lui enlève toujours son ammoniac AzH^3 (1), on ne recueille pas encore partout le benzol (principal facteur du pouvoir éclairant du gaz d'éclairage). Chaque tonne de houille cokéifiée peut donner 5 kg environ, en moyenne, de benzol rectifié.

Du goudron des usines à gaz et des cokeries, on retire aussi approximativement 1 0/0 de benzol en poids.

Production et prix.

Les quantités de benzol produites actuellement, par pays et par an, sont, en chiffres ronds :

France	8 000 t
Allemagne	60 000
Angleterre	25 000
Belgique	6 000

Comme la France fabrique annuellement 2 millions de tonnes de coke métallurgique, l'Allemagne 22 millions, l'Angleterre 20 millions, la Belgique 2 750 000, les productions pourraient atteindre respectivement et approximativement 18 000 t pour la première, 200 000 pour la deuxième, 180 000 pour la troisième, 25 000 pour la dernière, sans compter l'apport des goudrons.

Les prix de 25-28 f l'hectolitre nu, pratiqués actuellement, ne sont donc pas près d'augmenter, même si la consommation de benzol se développe beaucoup.

(1) On pourrait également récupérer l'Az à l'état de CAz, et le S si l'opération était fructueuse.

Emplois.

Le benzol sert surtout actuellement comme :

1° Carburant du gaz d'éclairage;

2° Carburant de l'alcool;

3° Combustible dans les moteurs à explosion;

4° Dissolvant dans les industries du caoutchouc, du dégraissage;

5° Dénaturant de l'alcool.

Nature.

C'est un mélange de benzène C^6H^6, de toluène, C^7H^8 et de xylène C^8H^{10}.

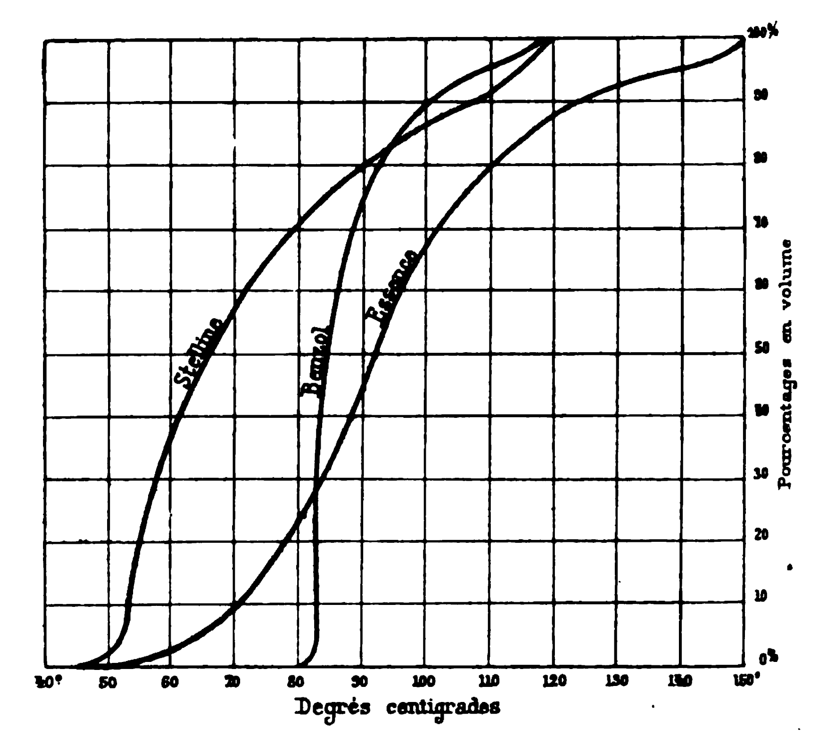


Fig. 1. — Fractionnement de benzol type 90 0/0, de Stelline 700 et d'essence d'automobile ordinaire.

	HEXANE C^6H^{14}	HEPTANE C^7H^{16}	ESSENCE DE PÉTROLE 700	BENZÈNE C^6H^6	TOLUÈNE C^7H^8	BENZOL 90 0/0	ALCOOL DÉNATURÉ 90 degrés	ALCOOL carburé 50 0/0 1/2 alcool 1/2 benzol
Poids spécifique du liquide à 15 degrés. kg	0,663	0,688	0,700	0,890	0,875	0,885	0,834	0,854
Poids spécifique de la vapeur à 0 degré et 760 mm. . . . . kg	3,88	4,48	3,85	3,486	4,13	3,50	1,62	2,53
Chaleur latente de vaporisation . . degrés.	89,2	»	76 (3)	109	83,5	»	288,5	196
Chaleur spécifique	0,504	0,487	0,500	0,436	0,500	»	0,776	0,601
Point d'ébullition . . . . degrés.	68,5	98	50 à 120	80,4	111	81 à 120	78,4	67 à ..
Point de congélation . . . . —	— 93,5	»	»	+ 5,6	»	— 7 (3)	»	— 11 (3)
Point d'éclair (inflamm. des vapeurs) —	»	»	— 17	»	+ 7	— 15	+ 18	»
Puissance calorifique au kg (bombe) . . . c	11 525 (4)	»	11 464 (3)	9 985 (2)	10 150 (4)	10 033 (3)	5 954 (3)	7 878 (2)
Composition chimique — C	83,7	84	84,3	92,3	91,3	92,2	43,7	67
Composition chimique — H	16,3	16	15,6	7,7	8,7	8,6	11,1	11
Composition chimique — O	»	»	»	»	»	»	30,3	15
Composition chimique — Divers	»	»	0,1	»	»	0,2	14,9 (H^2O)	7 (H^2O)
Pour obtenir la combustion théorique, il faut ajouter à 1 l d'air à 0 degré et 760 mm . gr	0,08433	0,08435	0,08434	0,09668	0,09505	0,09615	0,16829	0,12168
Tension maxima de vapeur en millimètres de mercure — —20. . degrés.	14	»	»	5,8	»	»	»	»
— —10. . —	26,5	»	»	13	»	»	»	24,5
— 0. . —	45	»	164	25	»	»	15	43
— 10. . —	74	»	220	45	»	96	27	69
— 20. . —	119	»	296	76	»	122	51	106
— 30. . —	184	»	433	120	»	151	92	177
— 40. . —	276	»	596	184	»	192	151	262
— 50. . —	401	»	792 (2)	271	»	258	238	403
— 60. . —	567	»	»	390	»	376 (3)	363	590
— 70. . —	785 (2)	»	»	547	»	»	538	820 (2)
— 80. . —	»	»	»	752 (1)	»	»	810 (2)	»

Autorités : (1) Regnault. (2) Sorel. (3) Desvignes et Kaufmann. (4) Stohmann.

Le benzol 90 0/0 lavé est employé aux trois premiers usages désignés ci-dessus : 90 parties de ce produit commercial passent à la distillation fractionnée avant 100 degrés. Il commence à bouillir vers 80 degrés; il est sec à 120 degrés. La figure 1 donne le fractionnement du benzol 90 0/0 comparé à celui des essences. Il se compose d'environ 84 0/0 de benzine cristallisable C^6H^6. 15 0/0 de toluène, 1 0/0 de xylène.

Aux autres usages indiqués, on réserve des fractionnements plus lourds.

Le benzol 50 0/0 est ordinairement un produit brut et impur. Sa teneur en benzène ne dépasse pas 60-65 0/0.

Caractéristiques.

Nous donnons ci-contre un tableau des caractéristiques des hydrocarbures ou hydrocarbonés concurrents, extrait d'un travail sur l'air carburé, publié en novembre 1907.

La figure 2 représente les courbes de tension de vapeur des mêmes produits.

Les différenciations les plus saillantes entre les carburants employés en automobile résident dans :

1° La densité :

Essence	=	0,700 à 15 degrés.
Benzol 90 0/0		0,885
Alcool dénaturé . . .	=	0,835
Alcool carburé 50 0/0	=	0,854

2° La puissance calorifique (eau condensée) :

Essence . . .	=	11 464 au kilogr.	ou	8 025	au litre
Benzol. . . .	=	10 033	—	8 879	—
Alcool	=	5 954	—	4 971	—
Alcool carburé	=	7 878	—	6 728	—

La puissance calorifique, produits de combustion au-dessus de 100 degrés, est plus intéressante pour les moteurs;

3° La température de congélation :

Essence (1) vers — 100 degrés (le pentane se solidifie à — 147° 5, l'hexane à — 93° 5, l'octane à — 98° 2).

(1) L'essence d'auto se compose, en majeure partie, d'hexane C^6H^{14} et d'heptane CH avec un peu de pentane C^5H^{12} et d'octane C^8H^{18}.

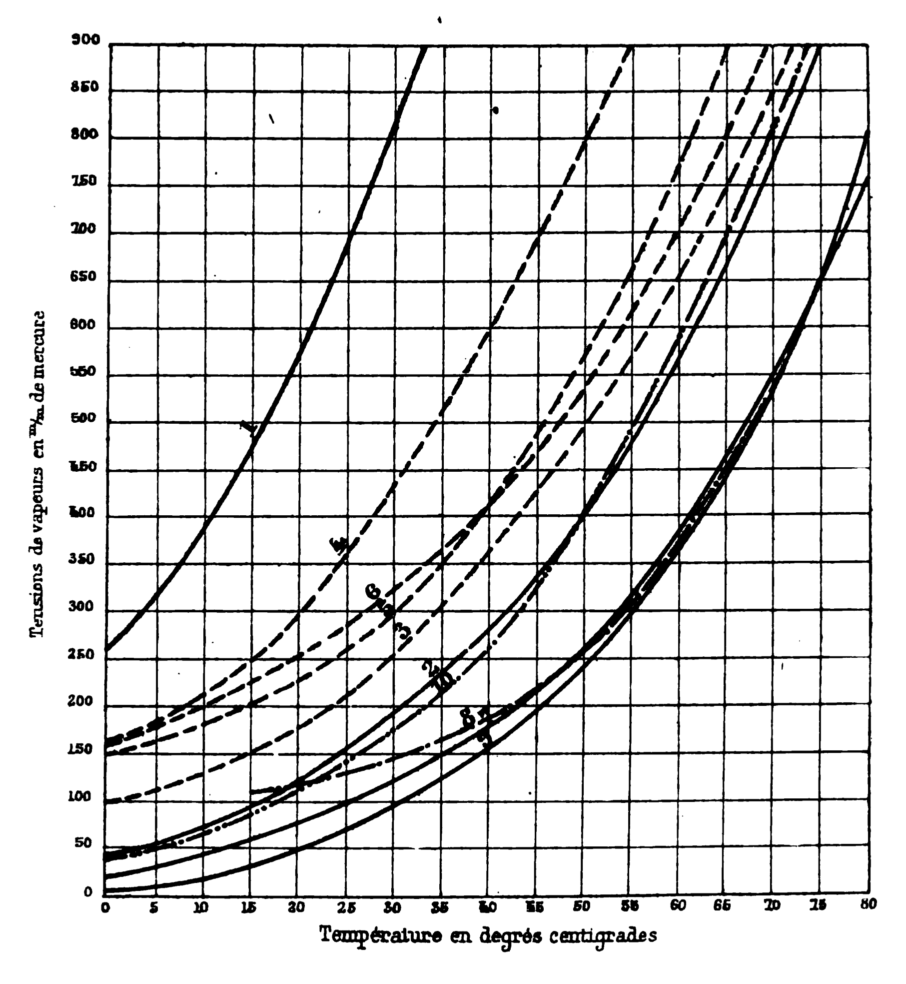


FIG. 2. — Courbes des tensions de vapeur des différents hydrocarburés ou hydrocarbonés.

LÉGENDE

1	———	Isopentane	Sorel.
2	———	Hexane	d°
	– – – Essences	Automobiline 3	d°
		Stelline 4	d°
		Motonaphta 5	d°
		Benzomoteur 6	d°
7	———	Benzine	Regnault.
8	– · – ·	Benzol 90 0/0	Desvignes.
9	———	Alcool dénaturé	Sorel.
10	–··–··	Alcool carburé 50 0/0	d°

Benzol de — 6 à — 8 degrés (le benzène pur cristallise à + 5°58; le toluène éloigne le point de congélation).

Alcool vers — 100 degrés (alcool éthylique — 130°5).

Alcool carburé — 11 degrés (les cristaux doivent être du benzène; la prise en masse ne se produit qu'à — 20°).

4° Les quantités de carburant à ajouter à 1 l d'air à 0 degré et 760 mm pour la combustion théorique complète :

Essence.	0,08434 g	ou 0,1205 cm³
Benzol	0,09615	— 0,1086 —
Alcool	0,16829	— 0,2018 —
Alcool carburé. .	0,12168	— 0,1425 —

5° La tension de vapeur (1) et la température d'ébullition :

L'essence commence à bouillir à 50 degrés, tension de vapeur à 20 degrés = 296 mm de mercure;

Le benzol commence à bouillir à 80 degrés, tension de vapeur à 20 degrés = 122 mm;

L'alcool commence à bouillir à 78°4, tension de vapeur à 20 degrés = 51 mm;

L'alcool carburé commence à bouillir à 67 degrés, tension de vapeur à 20 degrés = 106 mm.

QUELQUES OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LES MOTEURS D'AUTOMOBILES

Avant d'aborder l'étude spéciale de l'emploi du benzol dans les moteurs d'automobiles, il n'est pas mauvais de passer succinctement en revue les particularités de fonctionnement de ces moteurs et de leurs carburateurs.

(1) Les tensions maxima de vapeur reproduites dans le tableau 1 et la figure 2 sont prises dans une chambre barométrique avec un excès de liquide. En vertu de l'évaporation élective, la composition de la vapeur est différente de celle du liquide hétérogène générateur. Les tensions mesurées dans une atmosphère finie, et correspondant à une évaporation *complète* du carburant sans résidu, seraient plus intéressantes. Nous avons suivi les errements antérieurs parce que cette question n'a pas l'importance absolue que lui attachait Sorel (voir page 820).

On peut encore remarquer que certains produits en proportion infime, comme le pentane dans l'essence, relèvent considérablement la tension de vapeur dans le vide, en présence d'un excès de liquide.

Nous n'insisterons pas sur les remarques qui découlent d'un examen d'ensemble débarrassé des *impedimenta* de la pratique actuelle. Émises par un profane, elles pourraient paraitre par trop audacieuses, subversives et contestables. Il nous sera cependant permis d'exprimer ce doute que le mode de régulation et de carburation en usage ne représente pas plus le dernier terme de l'évolution de l'automobile que le changement de vitesse généralement adopté.

Régulation.

La majorité des moteurs à explosion sont basés sur le cycle à quatre temps. Ceux de moyenne puissance sont à simple effet. Les petits moteurs d'auto sont monocylindriques. Pour les plus forts, on semble s'en tenir momentanément aux quatre cylindres qui donnent une certaine régularité du couple moteur au détriment du rendement organique.

Le moteur fixe peut avoir à fournir une puissance variable, mais c'est surtout celui d'auto qui doit se prêter à des changements brusques de régime. Le moteur d'atelier fournit souvent un travail inégal sous vitesse constante, tandis que le moteur d'auto moderne doit produire un travail essentiellement variable avec une vitesse également variable.

La régulation automatique du premier se réalise par :

1° Le « *tout ou rien* » qui consiste à passer des tours sans admettre de mélange tonnant;

2° *L'admission variable de carburant.* La composition du mélange s'appauvrit au fur et à mesure que la charge diminue; cependant pour les très faibles forces, on est obligé de passer au « tout ou rien », les mélanges trop pauvres n'étant plus explosibles. Le tableau ci-dessous, extrait d'un travail publié en mai 1906, montre que ce mode de régulation n'est guère praticable qu'avec les gaz. L'essence et le benzol ne donnent pas une marge suffisante entre la combustion parfaite et la limite inférieure de combustibilité (surtout avec une compression modérée);

3° *L'admission variable du mélange.* On introduit par cylindrée un poids variable de mélange constant comme composition. La compression varie.

II. — Combustibilité des mélanges d'hydrocarbures et d'air.

Extrait d'une note de l'auteur sur la combustion dans les moteurs.

GAZ OU VAPEURS		PENTANE C^5H^{12}	ESSENCE 700	BENZINE C^6H^6	BENZOL	MÉTHANE CH^4	GAZ D'ÉCLAIRAGE
Volumes d'air pour un volume de gaz ou vapeur	Limite inférieure d'explosibilité (Bunte) (1)	39,2	»	37,0	»	15,0	11,5
	Combustion théorique complète	38,6	45,4	35,8	36,4	9,5	5,5
	Maximum d'explosibilité (Bunte) (1)	19,8	»	19,8	»	7,0	4,5
	Limite supérieure d'explosibilité (Le Chatelier)	»	»	»	»	4,5	2,5

(1) Les chiffres de Bunte sont peu d'accord avec ceux de Sorel. Ce dernier a trouvé que l'essence légère de pétrole est combustible pour un rapport de l'air introduit à l'air nécessaire égal à 2,22, alors qu'il l'avait trouvé déjà incombustible pour un rapport de 1,83.

En automobile, où la régulation se fait à la main, avec un limiteur de vitesse automatique, le premier système n'est applicable qu'avec un très grand nombre de cylindres. Le deuxième mode n'est guère applicable, nous l'avons dit, avec l'essence et le benzol. Le troisième est seul adopté. Depuis qu'on s'est imposé de pouvoir réduire directement l'allure du moteur, on réalise ce mode de régulation par un étranglement sur l'admission des gaz.

Dans le moteur à gaz Charon, la soupape d'admission reste levée plus ou moins longtemps et une partie du mélange est remisée dans un pot spécial. Dans les moteurs d'auto, le mélange est laminé par un « étrangleur ». On admet un volume de mélange évidemment égal à la cylindrée, mais sous une pression inférieure à la pression atmosphérique (nous avons constaté, dans nos essais, comme pression absolue, jusqu'à 26 cm de mercure

pour 695 tours et 0,87 ch, alors qu'en pleine allure la pression atmosphérique n'est réduite que de 6 cm). Il en résulte un travail négatif considérable qui augmente la consommation unitaire et qui restreint encore la possibilité de marcher « au ralenti ». Remarquons que dans les moteurs Winterthür, où l'on coupe l'admission par la fermeture anticipée des soupapes d'admission, il y a aussi un travail négatif de détente.

On a bien essayé, sans succès d'ailleurs, de fermer par anticipation les soupapes d'échappement, mais une trop grande dilution du mélange tonnant dans les gaz brûlés, la localisation défectueuse de ces derniers au point d'inflammation amènent des ratés. Cela entraîne, d'autre part, de gros inconvénients comme les attaques rapides des soupapes.

Quant au moyen qui consiste à agir sur l'allumage, il est peut-être commode, mais il est absolument barbare.

Carburateurs.

Les carburateurs à léchage et barbotage sont définitivement abandonnés. La richesse de l'air carburé par ces moyens est par trop variable avec l'état atmosphérique, la température, le débit, le degré d'épuisement des carburants hétérogènes (évaporation élective).

On s'est vite aperçu qu'il faut réaliser une carburation constante, l'essence ne se prêtant guère à de grandes variations, quand on veut éviter les encrassements (tableau II). Les essais que nous relaterons ci-après démontrent d'une façon lumineuse l'influence considérable du dosage sur le rendement. La marge de bonne marche apparente est bien plus étendue que celle de rendement maximum qui correspond à la combustion parfaite.

Nous sommes personnellement convaincus que les carburateurs à giclage, universellement adoptés, sont destinés à aller rejoindre leurs aînés. Il faudra bien qu'on en arrive, comme pour les appareils à gaz aérogène, au **dosage absolu**. Malgré toute l'ingéniosité dont les inventeurs ont fait montre, ils n'arrivent qu'à un à peu près assez grossier. C'est au point qu'on dit couramment, chez beaucoup de constructeurs : « Je règle les carburateurs de nos moteurs pour obtenir la meilleure consommation à demi-charge ». Autant vaudrait dire : « Les carburateurs que j'emploie sont des clous ». Si l'on peut obtenir à demi-charge une consom-

mation de 350 g par cheval-heure, à pleine charge, en réalisant les mêmes conditions relatives de bonne carburation et de remplissage de cylindrée, on devrait dépenser moins de 300 g par exemple. Seulement, la plupart des carburateurs ne maintiennent pas la constance du mélange et n'en donnent de convenable que pour une position, au delà et en deçà de laquelle la carburation est mauvaise.

L'alimentation du gicleur en carburant étant assurée par un niveau constant (flotteur et pointeau), le jaillissement du liquide se produit sous l'effet de la dépression correspondant à l'aspiration de l'air. Cette dépression *h*, qui arrive à être sensiblement continue, croît avec la vitesse du piston ; elle est réduite par le laminage des gaz dans le papillon régulateur. (Nous avons constaté dans la chambre de giclage $h = 4$ cm d'eau pour 600 tours et 0,4 ch, 77 cm pour 1 000 tours et 13,46 ch).

Si le ou les orifices de giclage sont capillaires, l'écoulement du liquide suit sensiblement la loi de Poiseuille :

$$q = kn \frac{s^2 (h - \varepsilon)}{l}$$

q débit en volume,
k coefficient numérique,
s section de chacun des *n* conduits capillaires cylindriques,
l longueur — —
ε dénivellation entre le niveau constant du liquide et l'orifice de giclage = 2 à 3 mm ordinairement.

Si l'orifice n'est pas capillaire, l'écoulement s'exprime par la formule de Toricelli :

$$q = sv = s\sqrt{2g \left(h \frac{\delta}{d} - \varepsilon\right)}$$

s section effective de l'orifice (tenant compte des coefficients de contraction et de réduction de vitesse),
v vitesse d'écoulement du carburant,
δ densité de l'eau ou du mercure, si *h* est exprimé en colonne d'eau ou de mercure,
d densité du carburant.

Quand la température du gicleur augmente, le débit d'essence benzol ou alcool carburé croît très sensiblement (Sorel).

Pendant le même temps, le volume d'air aspiré est de :

$$Q_v = SV = S\sqrt{2gh\frac{\delta}{D_t}}$$

S section de l'admission d'air rapportée à la chambre de giclage et évaluée en orifice en mince paroi.

D_t densité de l'air à la température t.

En poids, la quantité d'air aspirée est :

$$Q_p = Q_v \times \frac{H - h}{H} \times D_t$$

Plus H est faible, plus h est considérable, plus t est élevé, moindre est Q_p.

On pallie plus ou moins l'effet des changements dans la pression atmosphérique H et l'humidité de l'air par le réglage à la main. On n'a pas encore tenu compte dans le réglage automatique de l'influence de la température, d'autant plus importante que l'effet sur l'écoulement du liquide s'ajoute à celui sur le poids de la cylindrée.

Dès le début, on s'est aperçu qu'à mesure que l'allure du moteur s'accélère, c'est-à-dire que h grandit, la richesse du mélange tend à augmenter rapidement, surtout avec des gicleurs à rainures (capillaires). De nombreuses dispositions peuvent être imaginées pour assurer la constance de la carburation, malgré la diminution du poids d'air admis avec l'augmentation de la dépression. On peut corriger ce défaut en réduisant la section s du gicleur, bien petite il est vrai. Le moyen utilisé par le commandant Krebs est le plus employé. Il consiste à intercaler, entre l'étrangleur des gaz et la chambre de giclage, une soupape automatique d'introduction progressive d'air additionnel. On coupe ainsi, en partie, la succion h du piston, ce qui réduit q et augmente en même temps Q_p.

Le moyen plus simple, auquel iraient nos préférences personnelles et qui consiste à augmenter S section effective d'admission d'air au droit du gicleur avec l'allure, est moins usité. Il revient aussi à réduire h et ce par l'amoindrissement de V.

Au lieu de se servir de la dépression créée par l'aspiration, on

pourrait encore songer à utiliser la contre-pression d'échappement pour régler l'écoulement du carburant.

Une des difficultés dans la conduite des automobiles consiste dans les « reprises ». Beaucoup d'automobilistes semblent, tout d'abord, vouloir ignorer qu'on ne peut accélérer instantanément la vitesse d'une masse telle qu'une voiture. Si l'on veut passer trop brutalement du « ralenti » à l'« accéléré », le moteur peut caler rien que de ce premier fait. De plus, également en vertu de l'inertie, il paraît se produire un décalage entre l'admission de carburant et celle d'air, de sorte que les premières cylindrées sont pauvres. Afin d'y parer et d'assurer aussi la marche au ralenti, correspondant à une compression très réduite et à un allumage parfois trop retardé, certains constructeurs s'arrangent même, en pratique, dans le réglage de la soupape d'air additionnel, pour exagérer la proportion de carburant aux petites vitesses angulaires. A telle enseigne qu'on retrouve alors de l'essence dans les conduites de distribution des gaz, bien que la vaporisation soit favorisée par un plus long séjour des gaz dans la tuyauterie de distribution.

On ne saurait trop mettre en relief l'*influence considérable du dosage sur le rendement du moteur*. La figure 3 donne les résultats d'expériences démonstratives faites sur l'essence et dont on trouvera le détail dans l'appendice I. Des résultats analogues ont été obtenus avec le benzol.

Si les Ingénieurs, chargés d'essayer et régler les moteurs, faisaient quelques analyses des gaz d'échappement avec un simple appareil d'Orsat, ils s'apercevraient que c'est le moyen le plus efficace de contrôler le fonctionnement d'un carburateur. Alors même que l'échappement est incolore et inodore, que le moteur ronfle et semble marcher de façon très satisfaisante, la combustion, et par conséquent le rendement, peuvent être relativement mauvais.

Il ressort nettement de nos essais que le minimum de consommation spécifique correspond à une teneur de 14 0/0 de CO^2 pour l'essence et de 17 0/0 pour le benzol dans les gaz brûlés, sans excès d'oxygène et sans CO. Ce sont les teneurs maxima atteintes pratiquement, tandis que les teneurs théoriques des gaz brûlés sont de 14,4 et 17,4 0/0.

Quant au maximum de puissance, il se trouve vers le maximum d'explosibilité qui correspond aux plus hautes pressions explosives et qui est donné par des mélanges un peu plus riches en

carburant que celui de combustion complète. On trouve alors 1 à 1,5 0/0 de CO dans les gaz brûlés (1).

Le minimum de consommation s'est toujours rapporté, dans nos nombreux essais, à une proportion d'air introduit à l'air nécessaire de 1 à 1,1.

On se trouve bien loin des proportions de 1,3 à 1,7 relatées

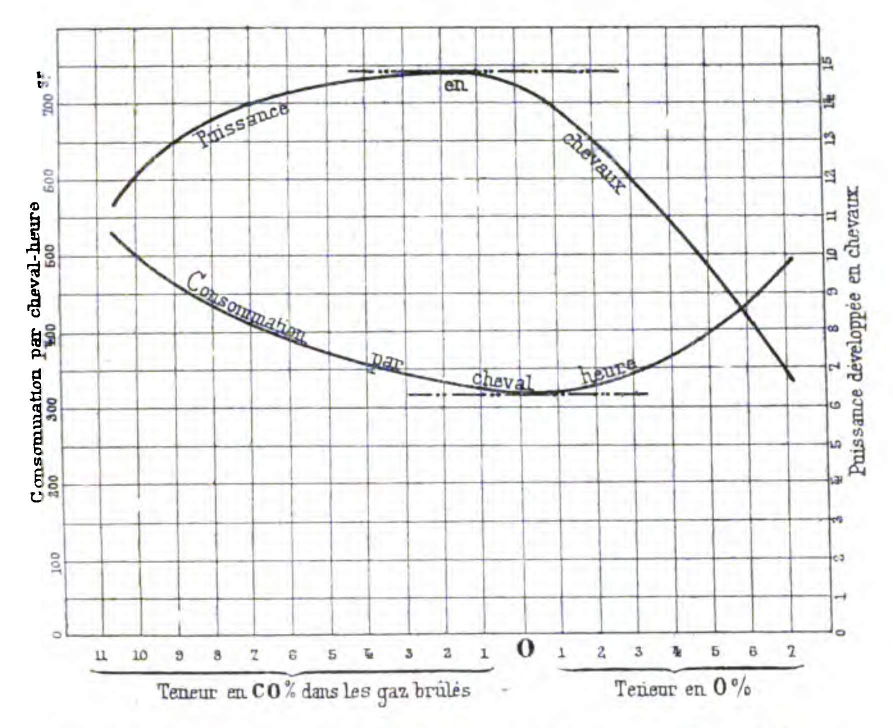


Fig. 3. — Variation de la puissance massique et de la consommation spécifique avec la proportion d'air.

il y a quelques années par Sorel, et que réalisent encore beaucoup de constructeurs par crainte de manquer d'air à certains moments.

La courbe (*fig. 3*) montre nettement que l'idéal serait de maintenir, au moyen d'un bon carburateur, le dosage aux environs de 1-1,1 sans exagérer outre mesure le supplément d'air.

Après avoir terminé nos essais, nous avons eu connaissance

(1) Peu de gens sont absolument fixés sur ces questions, les comparaisons se faisant souvent en partant de réglages de carburation parfois passables, parfois exécrables et dans des circonstances non comparables.

des travaux de MM. Hopkinson et Morse, publiés en 1906. Ces expérimentateurs anglais ont trouvé que la puissance maxima et le rendement thermique maximum correspondent au point où le CO disparaît. *Nous sommes heureux de constater que ces conclusions sont voisines des nôtres.*

Opérant pratiquement, nous n'avons pas, dans nos expériences, cherché à régler la vitesse. La dynamo travaillait sur un circuit de résistance constante et avec une résistance d'excitation invariable; le moteur se trouvait à peu près dans les mêmes conditions que s'il avait actionné un véhicule sur une rampe constante. Nous avons relevé les variations de la puissance massique et de la consommation correspondante avec le dosage.

On pourrait nous objecter que nous n'avons pas éliminé ainsi l'influence de la vitesse angulaire sur le rendement thermodynamique et par suite sur la consommation (1). On peut constater dans l'appendice I que les essais 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ont porté sur des vitesses suffisamment peu différentes. Les plus difficiles admettront bien, en tous cas, que les essais 5, 6, 7, 8, 9, où la dépression dans le barillet est sensiblement constante, sont tout à fait comparables.

Cette question de combustion est tellement importante que nous avons cru bon de reproduire *(Pl. 160)* le tableau dressé par M. Desvignes (III). Ce tableau permet de déduire immédiatement de l'analyse des gaz fixes, produits d'une combustion d'hydrocarbure ou hydrocarbonés, le rapport de l'air utilisé à l'air nécessaire. Il n'est pas mauvais de remarquer que ce tableau suppose tout le carbone du combustible transformé exclusivement en CO^2 ou en CO. Or le carbone est un peu réfractaire à l'oxydation complète et les corps qui en contiennent beaucoup tendent même à en abandonner sous forme de dépôt de suie ou de fumée.

C'est pourquoi, nous avons dressé un graphique *(fig. 4)* qui donne, pour des proportions d'air variables, la correspondance

(1) On sait que le rendement thermique est non seulement fonction de l'avance à l'allumage, de la richesse du mélange et de son état de vaporisation (réchauffage), mais encore de la compression c'est-à-dire du remplissage de la cylindrée ou, si l'on veut, de la vitesse. Le rendement mécanique varie, lui aussi, non seulement avec l'allure du diagramme, mais avec la vitesse.

Nous ne sommes pas allé jusqu'à relever les caractéristiques de notre moteur pour différents dosages et différentes vitesses.

Ces questions extrêmement délicates sont approfondies actuellement par M. Lumet, l'ingénieur distingué de l'A. C. F.

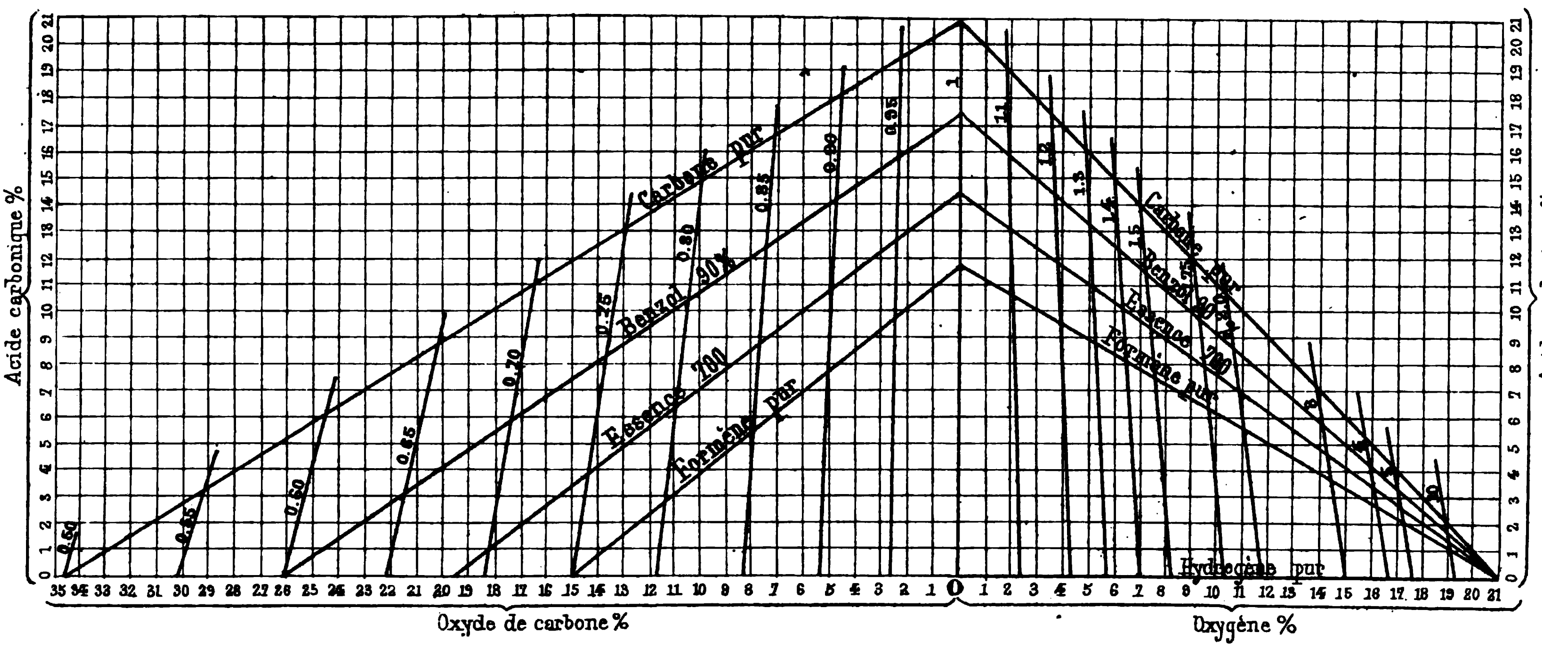


Fig. 4. — Graphique donnant les pourcentages de CO^2, CO et O dans les produits de combustion (après condensation) et les rapports d'air introduit à air nécessaire.

théorique des pourcentages en CO^2, CO et O pour le carbone, l'hydrogène, le méthane purs, le benzol et l'essence 700, on trouvera dans l'appendice II des chiffres justificatifs. En tenant compte de la grandeur des erreurs des mesures au moyen de l'Orsat, on remarque cependant, en général, d'après les analyses, que les hydrocarbures semblent s'être décarbonés légèrement.

Notons qu'en matière d'essais il convient de ne pas se contenter d'une seule mesure. Une succession de ratés peut jeter une perturbation momentanée dans les essais.

La teneur en acide carbonique des gaz brûlés (après condensation de la vapeur d'eau), pour une combustion parfaite, serait théoriquement de :

14,323 pour l'hexane,
14,519 — l'heptane,
17,475 — le benzène,
17,07 — le toluène,
15,0 — l'alcool éthylique.

On peut donc admettre, sans erreur sensible, ainsi que nous l'avons indiqué :

14,4 pour l'essence 700,
17,4 pour le benzol 90 0/0.

Réchauffage.

La formation abondante de givre autour des gicleurs des carburateurs, s'opposant à l'arrivée d'essence, arrête les moteurs. Ce phénomène est dû au refroidissement causé par l'évaporation du carburant. Dans nos essais sur un moteur Panhard-Levassor, la température, prise à l'intérieur du barillet au-dessus de la chambre de giclage, descendait alors aux environs de — 5 degrés. Le givrage se produisait rapidement quand, l'eau de circulation étant vers 25 degrés à l'entrée, 35 degrés à la sortie, l'air extérieur était à + 10 degrés. Lorsqu'il était à plus de 20 degrés, le givre n'arrivait à se former que si l'on supprimait la circulation d'eau autour du gicleur.

Ce givre est une sorte de mousse formée de cristaux de glace provenant de l'humidité atmosphérique et emprisonnant de l'essence ou même très probablement des cristaux de benzène quand

on emploie du benzol. Non seulement il bouche le gicleur, mais il va jusqu'à remplir la tuyauterie des gaz au voisinage de celui-ci. On voit consécutivement la dépression d'aspiration grandir très vite et le moteur caler. Quelquefois, sous l'effet de la dépression croissante, le givre est brusquement aspiré et le carburant afflue souvent en excès au point d'encrasser le moteur.

La substitution du benzol à l'essence, tous deux convenablement brûlés, amène une chute de température dans le barillet; il semble qu'en dehors d'une augmentation dans le débit pondéral du carburant la chaleur latente de vaporisation du benzol est légèrement plus élevée que celle de l'essence. Les chiffres scientifiques qu'on possède à cet égard sont d'ailleurs très contradictoires (1).

Le maintien de la température du gicleur au-dessus de 0 degré *est donc une condition* sine qua non *de la marche des moteurs.* La proximité des tuyauteries d'échappement, l'échauffement de régime à l'intérieur du capot peuvent quelquefois y suffire. Mais, en général, il faut réchauffer. On est peu d'accord sur les limites dans lesquelles il convient de le faire.

Incontestablement, le réchauffage diminue la puissance massique. Le gain que l'on peut obtenir sur le rendement thermique et, par suite, sur la consommation spécifique, grâce à une meilleure combustion, ne peut compenser l'abaissement de la quantité d'énergie développée, laquelle est fonction du poids de la cylindrée.

Aux temps héroïques où « les chevaux automobiles étaient des poneys », on ne pouvait rien perdre de la puissance massique du moteur d'une voiture. Aujourd'hui, les « poneys » ayant été remplacés par de « très forts percherons », on peut ordinairement sacrifier un peu de cette puissance. Le tableau IV ci-dessous relate des essais au benzol exécutés sur un moteur Panhard, la dynamo-frein débitant sur une même résistance, avec la même excitation. Il montre toutefois qu'au delà d'une température de 40 degrés à l'intérieur du barillet, au-dessus de la chambre de giclage, l'influence sur la consommation n'est plus considérable (2).

(1) Sorel donne 117 calories pour l'hexane, ce qui paraît exagéré. En effet, Iahn indique 89,2 calories; d'après la loi de Trouton, on trouve 79,4 et 74,2 calories pour l'heptane. M. Desvignes a obtenu directement 76 calories pour l'essence. Par contre, Berthelot donne 92,3 calories pour la benzine au lieu de 109 calories portées sur notre tableau I.

(2) Si la combustion avait été meilleure dans l'essai relaté dans la quatrième colonne, la consommation serait évidemment un peu plus faible que les précédentes.

IV. — Influence du réchauffage.

		1	2	3	4
Pression atmosphérique.	mm	762	762	762	762
Température extérieure.	degr.	18	18	18	18
Température entrée eau.	—	27	30	35	40
Température sortie eau.	—	37	42	45	51
Température barillet . .	—	29	42	60	84
Dépression barillet (Hg) .	cm	5	5	4,5	4
Dépression giclage (H^2O).	—	49	47	44	41
Gaz brûlés 0/0	CO^2. . .	16	16	16	15,5
	O	1	1	1	1,5
	CO. . . .	0	0	0	0
Consommation horaire . . .	l	5,625	5,455	5,217	4,931
Poids pour équilibrer. . .	kg	10,200	10,000	9,600	9,200
Nombre de tours.		950	937	937	920
Puissance en chevaux		13,517	13,071	12,548	11,807
Consommation par cheval-heure	ccs . . .	427	417	416	417
	grs . . .	376	367	366	367
Observations		Réchauffage par l'entrée du giclage seulement	Réchauffage par l'entrée du giclage et par le barillet.		

Pour que la combustion soit aussi parfaite que possible, le carburant doit être, au moment de l'explosion, non seulement très divisé, mais même *complètement vaporisé*; le mélange tonnant doit être non seulement de composition moyenne convenable, mais encore homogène.

Il paraît évident qu'il n'est pas indispensable d'introduire le carburant dans le cylindre à l'état de vapeur. Et la considération de la « température minima initiale du mélange » n'a guère d'intérêt. Le carburant doit cependant être véhiculé sous forme d'un brouillard assez léger pour qu'avec les deux, quatre ou six cylindres la répartition se fasse également entre les cylindres. Dans le cas de barillets droits surtout, la marche est fréquemment « boiteuse » si le réchauffage est faible, parce que les gouttelettes les plus grosses n'arrivent pas jusqu'aux cylindres extrêmes. Et l'on retrouve même de l'essence dans la tuyauterie de distribution. Pendant la marche au ralenti, on observe une vaporisation plus complète, sauf quand le dosage est volontai-

rement exagéré *(page 814)*. La température dans le barillet tombe de quelques degrés quand on passe brusquement de « tous les gaz » au « ralenti ». C'est qu'un même poids de mélange air-carburant se déplace alors dans la tuyauterie avec une vitesse de dix à douze fois moindre (le poids de la cylindrée et la vitesse angulaire peuvent être réduits chacun dans le rapport d'un tiers au moins pour des allures extrêmes). La durée du séjour y étant plus grande, les gouttelettes ont le temps de se volatiliser partiellement. Ainsi s'explique la chute de température malgré le dégagement de chaleur provenant du laminage dans l'étrangleur (1).

Il est, entre parenthèses, assez difficile de tirer des conclusions très nettes des températures de régime relevées au barillet, à cause de l'influence considérable des masses métalliques qui transmettent par rayonnement et conductibilité du calorique provenant du cylindre.

Une fois admis dans le cylindre, dont les parois sont aux environs de 100 degrés, le carburant, dont la température ultime d'ébullition ne dépasse pas beaucoup 120 degrés, peut achever de se vaporiser assez facilement, malgré un séjour très court (parfois un soixantième de seconde) et malgré la nécessité d'atteindre, à cause de la compression, une tension de vapeur réelle de 40 mm environ au lieu de 10 mm dans le mélange air-essence formé à la pression ordinaire. En effet, la compression adiabatique de l'air sec, pour une réduction au quart du volume primitif, devrait donner, en partant de — 5 degrés : 200 degrés, et de 20 degrés : 244 degrés $\left[\text{en vertu de la loi } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{0,41}\right]$.

Les calories développées sont suffisantes pour provoquer une évaporation presque instantanée, si l'hydrocarbure est suffisamment divisé. Toutefois, plus la tension de vapeur du carburant employé sera faible, plus il devra être préalablement vaporisé.

Le réchauffage par une dérivation de l'eau de circulation, qui

(1) On sait qu'un fluide élastique passant par un orifice étroit subit le laminage. Il en résulte une perte de pression croissant avec la réduction d'orifice et l'augmentation de vitesse. Il n'y a pas de travail extérieur produit dans ce phénomène, qui peut être considéré comme adiabatique à cause de sa rapidité. La chaleur interne ne varie pas. Il s'en transforme une partie en force vive qui s'amortit ensuite en s'emmagasinant à nouveau dans le fluide. Chose bizarre, des savants, comme Sorel, ont confondu le laminage avec la détente adiabatique. Celle-ci produit du froid. En partant de + 5 degrés, l'air ainsi détendu de 1 à 3 volumes donne théoriquement — 100 degrés.

n'atteint guère que 70 degrés, ne maintient souvent pas plus de 15 à 20 degrés dans le barillet pour une température ambiante de 15 degrés. Et il faut attendre au moins dix minutes avant que l'eau s'échauffe suffisamment.

La nécessité de combattre rapidement la tendance au givrage et de réchauffer à plus de 20 degrés avec les essences lourdes et le benzol généralisera, croyons-nous, l'utilisation d'une forte dérivation des gaz d'échappement.

Les littérateurs techniques reprochent, *à priori*, à ce mode de réchauffage une très grande irrégularité. Les variations de la contrepression et de la température d'échappement, ajoutées à celles de l'appel créé en vertu du phénomène de la paroi froide, donnent au contraire une certaine automaticité qu'il serait facile de parfaire par un régulateur du genre des purgeurs à dilatation.

Allumage.

Le moteur ne donne son maximum de rendement et de puissance que si l'explosion proprement dite (différente de la mise en feu) se produit exactement après le passage au point mort. S'il cogne, c'est que l'avance est très mal réglée.

Nous prendrons comme exemple, parmi beaucoup d'autres, deux essais comparables exécutés sur un groupe moteur et frein dynamométrique de la maison Panhard-Levassor, avec de faibles variations de l'avance :

1° Pour une même consommation horaire de 4,500 l de benzol avec le même pourcentage de CO^2 dans les gaz brûlés (16 0/0), la même température dans le barillet (4 degrés), les mêmes conditions atmosphériques, le même refroidissement (entrée 14 degrés, sortie 30 degrés), le doigt du levier d'avance étant au cran 8, on a obtenu sept cent dix tours, 10,70 ch, et, au cran 4, six cent quatre-vingt-douze tours, 10,04 ch;

2° Avec le même pourcentage de CO^2 dans les gaz brûlés (16 0 0), la même température dans le barillet (8 degrés), les mêmes conditions atmosphériques, le refroidissement équivalent (32-44 degrés et 30-42 degrés), le doigt du levier d'avance étant au cran 12, le moteur a donné, pour une consommation horaire de 5,538 l de benzol, 14,145 ch sous mille quatorze tours: la consommation par cheval-heure ressortait à 345 g. Le doigt étant

au cran 8, le moteur n'a donné pour 5,373 l que 13,23 ch sous mille neuf tours; la consommation par cheval-heure était alors de 357 g.

Pour un carburant donné, la propagation de l'explosion varie non seulement avec la température d'inflammation, mais avec la compression et la richesse du mélange. C'est une raison de plus pour avoir une carburation constante.

Étant donnée la rapidité de la course du piston (jusqu'à un soixantième de seconde), la vitesse linéaire est presque de même ordre de grandeur que la vitesse de transmission de la combustion explosive. Elle ne dépasse pas ordinairement 7 m; on cite cependant des moteurs où elle a atteint 10 m.

Pour fixer les idées, nous donnons ci-dessous les vitesses de propagation d'explosion du mélange non comprimé d'air et formène correspondant à la combustion théorique. La déflagration étant provoquée par une étincelle au fond d'un tube fermé d'un bout et ouvert de l'autre :

1er centième	de seconde	10 m	par seconde,
2e	—	18	—
3e	—	29	—
4e	—	50	—

à la fin de la première seconde, 400 m environ.

Il faudrait que l'avance à l'allumage, pour une température d'étincelle donnée, puisse être réglée d'une manière plus précise qu'elle ne l'est habituellement, car c'est la cause du mauvais rendement de beaucoup de moteurs. Répétons ici que régler la vitesse d'un moteur par le déréglage de l'avance est un procédé barbare, inadmissible à l'heure actuelle. *L'avance devrait varier en sens inverse du degré de compression et dans le même sens que la vitesse.* Le premier point n'est jamais réalisé automatiquement et cependant il ne faut pas oublier qu'un moteur d'auto peut produire, tout en tournant à la même vitesse, des travaux très différents correspondant à des poids de cylindrées et, par conséquent, à des compressions différentes.

D'elles-mêmes les magnétos donnent, dans de faibles limites toutefois, un certain retard lorsque la vitesse angulaire diminue. Il arrive même que le retard est exagéré quand le ralenti correspond à un très fort étranglement des gaz, c'est-à-dire à une très grande réduction de la compression. Les moteurs Brillié,

en particulier, possèdent des magnétos à avance progressive. automatique avec la vitesse, ce qui réalise le deuxième *desiderata* exprimé ci-dessus.

Avec ces moteurs, il a pu être fait des expériences assez précises qui mettent en relief les différences de vitesse de propagation d'explosion, toutes choses égales d'ailleurs, des mélanges air-essence, air-benzol, air-alcool. Nous les relaterons plus loin.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que ces essais, peu scientifiques sans doute, sont beaucoup plus intéressants, à notre point de vue, que ceux de Sorel. Reprenant les expériences de Bunsen, il a, en réalité, déterminé les vitesses de propagation de flamme relatives aux brûleurs. La flamme qui tendait à rétrograder était maintenue à l'extrémité d'un tube, en réglant la vitesse du courant gazeux qui tendait, au contraire, à la lui faire quitter. Les vitesses ainsi mesurées n'ont aucun rapport avec ce qui se passe dans les moteurs. Nous avons cité plus haut des chiffres relatifs au formène mélangé à l'air, obtenus par M. Le Chatelier, en provoquant l'allumage au fond d'un tube foncé. La vitesse de propagation de la flamme pour ce même mélange, mesurée comme l'ont fait Bunsen et Sorel, n'est que de 60 cm à la seconde, alors que l'explosion se transmet avec une vitesse croissante partant de 10 m.

Si les dangers d'auto-allumage empêchent de dépasser 5 kg avec l'essence, on pourrait probablement atteindre sans inconvénient cette compression avec le benzol. Ce serait un excellent moyen de regagner sur la vitesse de propagation de l'explosion. et, on aurait l'avantage de faciliter la combustion du produit.

EMPLOI DU BENZOL

Si l'Allemagne et l'Angleterre semblent vouloir nous dépasser, ce n'est pas que les producteurs français soient restés inactifs.

Dès 1899, la Société des Huiles Minérales de Colombes s'est occupée de l'emploi du benzol dans les moteurs à combustion interne.

La plupart des moteurs fixes de la région de l'Aube, où l'on fabrique de la bonneterie à façon, sont uniquement alimentés à la Stellane depuis 1901. Plusieurs firmes d'automobiles, dont la

Maison Panhard et Levassor, firent à cette époque des essais couronnés de succès.

L'engouement pour l'alcool en 1903, la grande baisse du prix de l'essence (jusqu'à 0,25 f le litre) en 1905, rendirent inutiles les efforts de la Société de Colombes.

En 1906, les cours de l'essence étant remontés, la campagne put être reprise.

Beaucoup de Compagnies de fiacres automobiles se servent de la Stellane. Les « poids lourds » arrivent tous à l'employer. Diverses grandes Sociétés (Gaz de banlieue, Omnibus, etc.), possédant des voitures Brillié, divers grands magasins, pour leurs voitures de livraisons, les maisons Cohendet, Emress, de Dion, etc., s'en servent *couramment* depuis plus ou moins longtemps.

Beaucoup de propriétaires d'automobiles, particulièrement dans la région du Nord où M. Lemay fait une propagande active, emploient le benzol.

Enfin, les constructeurs les plus importants de carburateurs, moteurs et voitures, s'intéressent actuellement à la question.

La grande similitude du benzol et de l'essence a été la cause de bien des déboires. On a cru, chose à laquelle on n'aurait même pas osé songer pour l'alcool, qu'on pourrait marcher convenablement en substituant purement et simplement le benzol à l'essence dans le réservoir des voitures. Le hasard a pu faire que certains moteurs fonctionnent bien du premier coup, sans rien toucher, dans des limites d'allure souvent très restreintes, il est vrai; mais, dans les autres cas où l'on a éprouvé des ennuis, on s'est empressé de les attribuer au produit lui-même.

On ne peut pourtant brûler convenablement des houilles grasses dans un foyer spécialement établi pour l'anthracite!

Le benzol présente bien des analogies avec l'essence, mais il s'en différencie par diverses caractéristiques dont il faut tenir compte dans la construction des carburateurs, le réglage de l'allumage, etc.

Interrogez les spécialistes aux connaissances... superficielles, ils répondront tous par ce jugement sommaire : « Le benzol?... ça marche bien, mais ça encrasse!... ». C'est absolument comme si une personne qui laisse filer sa lampe à pétrole disait : « Le pétrole... ça fume. »

La fumée noire (1), *l'odeur des gaz brûlés*, *l'encrassement*, *sont dus à une combustion très incomplète.*

Nous avons procédé à plus de deux cents essais sur un moteur Panhard et Levassor ; nous n'avons jamais eu d'encrassement, sauf en essayant un benzol impur à 50 0/0, parce que la proportion de carburant n'a jamais été exagérée au point de provoquer un dépôt de suie, et il faut pour cela qu'elle soit presque doublée par rapport à la proportion théorique nécessaire.

Beaucoup de carburateurs à giclage réalisent, répétons-le, un dosage défectueux à un point qu'on ne voudrait croire, sans l'affirmation éclatante des analyses des gaz d'échappement.

Le benzol présente, par les temps froids, un grave inconvénient qu'il est d'ailleurs *aisé* de combattre. Il se congèle à — 6 — 8 degrés. On peut lui ajouter du toluène, qui éloigne le point de congélation mais qui est assez difficile à brûler (2). En mélangeant 10 0/0 de Stelline 700 à 90 0/0 de benzol 90 0/0, le point de cristallisation est rejeté à — 9 degrés ; en mélangeant 20 0/0 de Stelline à 80 0/0 de benzol, on descend à — 12 degrés. Dans nos climats, il suffit donc d'incorporer 15 à 25 0/0 d'essence légère au benzol pour éviter l'écueil de la gelée. Avec les cahots des voitures, les stratifications ne sont pas à craindre.

On peut aussi songer à ajouter de l'alcool dans le même but. Mais, dès — 11 degrés, il se forme des cristaux dans l'alcool carburé à 50 0/0 ; de plus, l'alcool n'est pas très avantageux pour les départs, il trouble la carburation et réduit la puissance.

On a aussi reproché son odeur au benzol même bien rectifié et lavé. Il y a lieu de distinguer entre celle des gaz brûlés qui provient d'une mauvaise combustion et celle du liquide. Cette dernière, qui entête facilement quand on n'y est pas habitué, ne se sent pas dans les voitures dont le réservoir est bien placé et étanche, dont les tuyauteries et carburateur ne perdent pas.

Dès l'instant où nous nous sommes occupé de l'emploi du benzol, nous avons été frappé des excellents résultats obtenus dans les moteurs où le carburateur et la tuyauterie de distribution des gaz étaient fortement réchauffés par une dérivation des produits de combustion ou maintenus chauds soit par le voisi-

(1) La fumée bleue est due à l'huile.

(2) En Angleterre, on emploie pour les automobiles, sous le nom de « Simcar », un fractionnement lourd (au point de vue distillation). Ce produit, moins dense que le 90 0/0, contient évidemment beaucoup de toluène.

nage des conduites d'échappement, soit par la concentration de chaleur dans le capot.

Nous avons vu que le benzol présente, en effet, une grande tendance au givrage et une faible tension de vapeur (109 mm à 15 degrés contre 255 pour l'essence). De plus, sa teneur élevée en carbone (92,2 0/0 au lieu de 84,3 pour l'essence) exige très probablement avant l'admission au cylindre une division plus complète, une vaporisation plus avancée. On n'ignore pas que le carbone est plus difficile à oxyder que l'hydrogène. Et si l'on obtient facilement un pourcentage de 14 de CO^2 dans les produits de combustion avec l'essence contre 14,4 théoriques, on n'atteint 17 0/0 avec le benzol contre 17,4 théoriques qu'assez rarement ; plus souvent on n'obtient que 16,5 0/0.

Théoriquement, une cylindrée de 1 l d'un mélange air-carburant, correspondant à la combustion parfaite, représente, en énergie calorifique, avec :

le benzol : $$\frac{0{,}09\,615 \times 10{,}033}{1 + \frac{0{,}09\,615}{3{,}5}} = 0{,}9\,389 \text{ calorie};$$

l'essence : $$\frac{0{,}08\,434 \times 11{,}464}{1 + \frac{0{,}08\,434}{3{,}85}} = 0{,}9\,461 \text{ calorie};$$

l'alcool : $$\frac{0{,}16\,829 \times 5{,}954}{1 + \frac{0{,}16\,829}{1{,}62}} = 0{,}9\,077 \text{ calorie}.$$

D'après ces chiffres obtenus en appliquant les puissances calorifiques (vapeur d'eau condensée) aux mélanges théoriques, il semblerait que l'essence doit donner, toutes choses égales d'ailleurs, plus de puissance que le benzol. L'expérience montre le contraire. Les puissances calorifiques, vapeur d'eau non condensée, sont seules intéressantes pour les moteurs, car les produits de combustion sortent, pour une puissance développée de 14,2 ch, à des températures de 566 degrés avec l'essence et de 549 degrés avec le benzol, ainsi que nous l'avons déterminé par des essais calorimétriques (1).

(1) Certains automobilistes ont cru remarquer que leurs moteurs chauffaient plus avec le benzol. Par rapport à l'essence et à égalité de bonne combustion, il ne semble pas qu'il y ait une grande différence tant sur les gaz d'échappement que sur l'eau de circulation. Il n'en est pas de même lorsqu'on remplace l'alcool carburé.

Calculons la différence des chaleurs de combustion du benzène pour eau liquide et eau vapeur.

La formule de la combustion est :

$$C^6H^6 + 15O = 3CO^2 + 3H^2O.$$

La différence entre eau liquide et eau vapeur est de 10,8 calories par molécule H^2O. Pour 1 kg de benzène brûlé, elle est de :

$$3 \times 10{,}8 \times \frac{1\,000}{78} = 415 \text{ calories}$$

En l'appliquant au benzol, on obtient :

$$10\,033 - 415 = 9\,618 \text{ calories}$$

comme puissance calorifique eau non condensée.

De même, on trouve comme différence pour l'hexane C^6H^{14} : 879 calories; en l'appliquant à l'essence, on obtient :

$$11\,464 - 879 = 10\,585 \text{ calories}$$

comme puissance calorifique eau non condensée.

L'énergie calorifique représentée par la cylindrée d'un litre air-carburant est :

avec le benzol. . .	0,9 001 calorie.
— l'essence. . .	0,8 736 —

soit une augmentation de puissance de 3 0/0 en faveur du benzol.

Quant à la consommation, elle est théoriquement plus faible en volume et légèrement plus forte en poids avec le benzol qu'avec l'essence. Le benzol représentant 9 618 × 0,885 = 8,512 calories et l'essence 10 585 × 0,700 = 7 409 calories au litre, l'économie de consommation serait de 13 0/0 en volume, à égalité de rendement thermodynamique.

Enfin, au point de vue de l'allumage, quand on a essayé de substituer le benzol à l'alcool carburé on s'est plaint immédiatement de ce que les moteurs cognaient épouvantablement. Il est clair qu'intervenait l'effet de la vitesse de propagation de

l'explosion différente, toutes choses égales d'ailleurs, dans les deux cas.

Nous ne pouvions éclaircir ces différents problèmes par des expériences sur des voitures où l'on n'est pas maître d'un nombre suffisant de circonstances, où l'influence des différentes causes ne peut se démêler.

Nos essais.

M. Mallet a obtenu de la Maison Panhard et Levassor le prêt d'un de ses moteurs à quatre cylindres 81 × 120, groupé avec un frein dynamométrique.

Tout le monde connaît le dynamomètre du commandant Krebs qui, pour l'absorption de l'énergie développée, substitue au frottement mécaniqne du frein de Prony le « frottement » de l'induit dans le champ magnétique produisant un courant d'intensité variable dans un circuit électrique, et des courants de Foucault. L'induit étant calé directement sur l'arbre du moteur tend à entraîner l'inducteur mobile monté sur paliers à billes. La somme des moments qui agit dans ce sens est équilibrée et mesurée, absolument comme dans le frein de Prony, par un moment inverse déterminé par un poids variable placé à l'extrémité d'un levier fixé sur la carcasse, sans que le rendement de la dynamo intervienne. En multipliant ce moment par le nombre de tours, on obtient la puissance développée.

Nous avions monté ce groupe avec un tableau de lampes à incandescence de 32 et 16 bougies; un tachymètre indicateur (les mesures étaient faites au compte-tours); un réservoir d'eau de capacité suffisante pour éviter le renouvellement trop fréquent d'une eau entartrante; des thermomètres sur les entrées et sorties d'eau, dans le barillet juste au-dessus de la chambre de giclage; des manomètres sur le barillet, la chambre do giclage, l'échappement; un appareil d'Orsat prélevant les gaz sur le tuyau d'échappement.

Un tube jaugé servait à mesurer la consommation. La pression atmosphérique était relevée en vue des comparaisons, *car il n'est permis de conclure que lorsque les conditions opératoires sont* **exactement** *les mêmes.*

Nous avons essayé différentes qualités de benzol dans plusieurs carburateurs réchauffés à divers degrés par des foyers de

chaleur indépendants, le moteur fonctionnant à toutes les allures possibles sur des résistances variables.

Voici quatre exemples de mesures effectuées au cours des essais sur l'essence 700 et le benzol 90 0/0 :

V. — Exemples d'essais.

	ESSENCE 700	BENZOL 90 0/0		
Pression atmosphérique . . . . mm	759	742	774,5	771
Température ambiante . . . . degrés	19	18	15	12
— entrée eau. . . . . . . —	24	27	27	26
— sortie eau. . . . . . . —	36	37	41	35
— échappement . . . . . —	562°	551	»	
— barillet . . . . —	7	5	13	20
Dépression barillet (Hg). . . . . cm	5,5	6,5	28	44
— giclage (H^2O). . . . . —	54	67	17	6
Contre-pression échappement. (H^2O) . . —	22	17	10	3
Avance à l'allumage (nombre de dents). . .	8	10	8	»
Gaz brûlés 0/0 — CO^2.	14	16,5	16,5	15,5
Gaz brûlés 0/0 — O.	1	0,5	0,5	1,5
Gaz brûlés 0/0 — CO	0	0	0	0
Rhéostat d'excitation (nombre de plots) . . .	19	17	19	18
Volts	188	225	158	165
Ampères.	48	40	27	2
Lampes en circuits — 32 bougies.	118	40	40	4
Lampes en circuits — 16 bougies.	0	80	80	8
Consommation horaire. l	6,428	5,807	3,158	1,836
Poids suspendu au levier . . . . kg	10,500	9,200	5,700	1,500
Nombre de tours par minute.	976	1 117	852	760
Puissance en chevaux.	14,295	14,335	6,775	1,590
Consommation par cheval-heure — Ccs. . .	449	403	466	1 154
Consommation par cheval-heure — Grs. . .	314	356	440	1 015
Observations (réchauffage)	faible	faible	léger	moyen

A une pression atmosphérique de 750 mm, nous avons pu faire donner 14,85 ch, avec le benzol 90 0/0 lavé, à ce quatre cylindres 81 × 120.

La meilleure consommation couramment obtenue a été de 340 g par cheval-heure pour une puissance développée de 14 ch

environ. Pour 5 ch la consommation montait à 400 g. Ces consommations minima correspondaient à une avance à l'allumage convenable et une composition de gaz d'échappement de :

16 1/2 0/0 de CO^2
1/2 0/0 d'O

ou à une introduction d'air de 1 à 1,1 vis-à-vis de la quantité d'air théoriquement nécessaire.

Avec l'essence 700, la pression atmosphérique étant normale, il est vrai, nous avons obtenu sensiblement la même puissance maxima. Beaucoup de constructeurs attribuent au benzol, d'après leurs essais, des augmentations de puissance massique de 10-15 0/0. Nous avons vu que les pouvoirs calorifiques, eau non condensée, déterminés par M. Desvignes, n'indiquent théoriquement qu'une augmentation de quelques pour-cent.

La meilleure consommation normale d'essence, correspondant à une teneur de 14 0/0 en CO^2 dans les gaz brûlés, a été de 295 g. Le rendement thermodynamique semble avoir été à peine meilleur avec l'essence (consommation de 3122 calories par cheval-heure au lieu de 3270 calories avec le benzol). D'après ces chiffres, l'économie de consommation en volume procurée par l'emploi du benzol est de 9 0/0 (384 cm^3 de benzol contre 421 cm^3 d'essence). Certains constructeurs ont trouvé 20 à 25 0/0 sur la tonne-kilométrique.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, le maximum de puissance, la dynamo fonctionnant sur une même résistance de lampes avec une même excitation, et toutes les autres circonstances étant identiques, s'est toujours rencontré avec des mélanges un peu trop riches (1 à 1 1/2 0/0 de CO dans les gaz brûlés ; 0,97 environ d'air introduit à air nécessaire).

Nous avons également relaté dans le tableau IV, des essais faisant ressortir l'effet du réchauffage sur la consommation. C'est là une démonstration péremptoire de son avantage corrigé, d'ailleurs, par l'abaissement assez rapide de la puissance massique. Nous indiquions qu'il convient, dans le cas du benzol, de réchauffer :

1° Soit l'air primaire, soit la chambre du gicleur, de façon à empêcher le givrage, mais en évitant toutefois d'échauffer par trop le liquide, ce qui contrarierait le giclage ;

2° Les gaz mélangés à leur sortie de la chambre de giclage avec l'air primaire, avant leur admission aux cylindres.

Pour atteindre une température convenable (30 degrés au moins) dans le barillet, il nous semble indispensable d'employer une forte dérivation de l'échappement. On a souvent, à ce propos, soulevé cette objection que les hydrocarbures sont sujets au « cracking ». Ce danger existe bien avec le pétrole lampant qui bout de 150 à 350 degrés et qui peut commencer à « cracker » dès 280-300 degrés. Le benzol, lui, ne craint pas les décompositions pyrogénées, aux températures que pourraient atteindre des parois métalliques surchauffées par l'échappement et surtout par une dérivation de l'échappement. C'est, en effet, un des produits ultimes de la dissociation des hydrocarbures par la chaleur. A 400 degrés, il est encore parfaitement stable.

La Société d'éclairage, chauffage et force motrice a procédé sur les moteurs quatre cylindres 100 × 120, 20 — 24 ch, de ses camions « Brillié » à des essais très intéressants sur l'allumage. Les magnétos de ces moteurs sont à avance progressive automatique. Leur décalage est commandé par une sorte de régulateur à force centrifuge.

Au départ, sur 120 mm de course, il faut donner :

2 mm	d'avance avec	l'essence
2,7 mm	—	le benzol,
4 mm	—	l'alcool.

L'avance est accrue de 9 mm quand on atteint la vitesse maxima de 1 200 t.

Nous avons aussi, de notre côté, fait quelques expériences, citées précédemment, qui démontrent l'importance du bon réglage de l'avance. Nous avons toujours recherché dans nos essais celui correspondant au maximum de puissance pour une carburation donnée. Il en est de ce point, comme de beaucoup d'autres ; on s'en préoccupe souvent peu et les essais faits dans de telles conditions ne sont pas comparables, ce qui n'empêche pas les expérimentateurs peu scrupuleux d'en tirer des conclusions.

Réglage des moteurs pour l'emploi du benzol.

Nous supposons partir d'un moteur fonctionnant bien à l'essence ou à l'alcool carburé.

Flotteur du niveau constant. — Si on passe de l'essence au benzol, le niveau du liquide se trouve abaissé. Admettons, en effet, que le flotteur soit immergé normalement de 60 mm dans l'essence. Dans le benzol, il ne le sera plus que de : $\frac{60 \times 0,700}{0,885} = 47,4$ mm.

La distance entre le niveau constant et l'orifice de giclage se trouvera portée de 3 mm, par exemple, à $3 + 12,6 = 15,6$ mm. Cela n'a pas grande importance, lors de la marche à grande allure, où la dépression créée par les pistons atteint et dépasse même 1 m en colonne d'eau. Mais au ralenti, quand cette dépression tombe à 0,040 m, par exemple, il importe que l'écoulement ne se fasse pas sous une charge réduite, par le fait de l'abaissement du niveau constant, à 0,0214 m au lieu de 0,037 m (en négligeant la différence entre colonnes d'eau et de carburant).

Certains automobilistes ont pu obtenir de bons résultats sans charger leur flotteur, parce que leur carburateur donnait auparavant un excès d'essence au ralenti. Avec des carburateurs, donnant un très grand excès de carburant à faible allure, comme les Renault, on a même intérêt à laisser le niveau un peu bas pour éviter les encrassements avec le benzol.

Orifice de giclage. — La quantité de carburant à ajouter à de l'air pour fournir une cylindrée de 1 l mesurée à 0 degré et 760 mm est théoriquement pour :

l'essence : $$\frac{0,1205 \text{ cm}^3}{1 + \frac{0,08434}{3,85}} = 0,118 \text{ cm}^3 ;$$

le benzol : $$\frac{0,10864 \text{ cm}^3}{1 + \frac{0,09615}{3,5}} = 0,106 \text{ cm}^3 ;$$

l'alcool carburé : $$\frac{0,1425 \text{ cm}^3}{1 + \frac{0,12168}{2,53}} = 0,136 \text{ cm}^3$$

Sous une même dépression, les quantités de carburant, qui s'écoulent par un même orifice non capillaire, sont proportionnelles à l'inverse des racines carrées des densités (loi de Toricelli), soit pour :

L'essence à 1,19,

Le benzol à 1,06,

L'alcool carburé à 1,08.

S'il s'agit d'orifices capillaires, les débits sont proportionnels à l'inverse des densités (loi de Poiseuille), soit, dans le même ordre, à 1,43 ; 1,13 ; 1,17.

Il n'y a pas beaucoup à diminuer la section du gicleur quand on passe de l'essence au benzol (10 0 0 environ, surtout pour tenir compte de la difficulté de combustion de ce dernier hydrocarbure riche en carbone). Il faut, au contraire, la réduire dans le rapport de $\frac{1}{1.1}$ quand on passe de l'alcool carburé au benzol.

Le « truc » qui consiste à augmenter la levée de la soupape d'air additionnel est ordinairement condamnable : il détruit presque toujours la proportionnalité du giclage et de l'admission d'air à *toutes* les allures. C'est l'énonciation de cette vérité : « il faut ajouter en volume moins de benzol que d'essence à l'air pour réaliser un mélange parfaitement combustible » sous la forme : « il faut ajouter plus d'air au benzol qu'à l'essence » qui a conduit naturellement certains praticiens à cette solution irrationnelle.

Réchauffage. — Pour combattre le givre qui tend à se former un peu plus facilement avec le benzol qu'avec l'essence, il est bon, en général, d'augmenter soit le réchauffage de l'air primaire, soit l'importance de la circulation d'eau chaude ou de gaz d'échappement autour de la chambre de giclage.

De plus, pour plusieurs raisons examinées plus haut, le benzol ne donne de bons résultats que si les gaz sont assez réchauffés avant leur admission aux cylindres.

Avance à l'allumage. — Sur les voitures ordinaires, l'influence de l'avance est beaucoup moins appréciable que sur les voitures à avance progressive automatique comme les « Brillié ». Cependant, quand on substitue le benzol à l'alcool carburé dans un moteur,

sans réduire la compression, celui-ci cogne au point qu'on s'en aperçoit toujours.

Notons que le système de bougie plus ou moins sujet aux encrassements n'est pas indifférent, surtout avec un combustible très riche en carbone.

Départs. — Le point d'éclair (— 17 degrés pour l'essence, — 15 degrés pour le benzol) indique que le départ est aussi facile avec l'essence qu'avec le benzol. Mais cette constante physique ne tient pas compte de la vitesse d'évaporation, du temps que met l'air à se saturer suffisamment pour pouvoir s'enflammer en donnant une petite explosion.

Le benzol, dont la tension de vapeur est relativement faible, doit rester assez longtemps et par une surface suffisante, en contact avec l'air, pour donner un mélange tonnant. Théoriquement, le mélange air-vapeur de benzol, exigeant une tension de vapeur voisine de 20 mm dans ledit mélange, ne peut se former au-dessous de 5 — à — 10 degrés (Sorel). Il est vrai qu'à cette température, le givre mettrait aussi son *veto* à la marche du moteur. Mais, d'autre part, il s'agit beaucoup plus, dans la carburation, d'un entraînement mécanique que d'un entraînement purement physique.

Il faut surtout s'arranger pour accroître au départ, la vitesse du courant d'air et le forcer à lécher les surfaces noyées en soulevant le pointeau.

Une bonne pratique consiste à fermer momentanément l'admission d'air additionnel et même primaire ; on évite ainsi les retours de flamme au carburateur, fréquents au départ (1).

On doit cependant se garder d'encrasser par excès de carburant.

Les départs après un long arrêt, surtout à froid, sont toujours difficiles, quel que soit le combustible, parce que les cylindres et tuyauteries sont remplis d'air non carburé qu'il faut d'abord expulser.

Nous donnons ci-après une notice pratique (tableau VI) sur les réglages à opérer sur un moteur marchant *bien* à l'essence ou à l'alcool carburé.

(1) On n'ignore pas que ces retours de flamme se produisent quand le mélange trop pauvre, animé d'une faible vitesse de circulation, est enflammé par des fuites aux soupapes d'admission ou autres.

VI. — **Réglages à faire subir, pour l'emploi du benzol, à un moteur fonctionnant bien à :**

L'ESSENCE	L'ALCOOL CARBURÉ

FLOTTEUR DU NIVEAU CONSTANT.

(Pour conserver la constance du mélange au ralenti, il faut toujours ramener le liquide à la même distance de l'orifice du gicleur.)

Le charger.

Inutile de faire des calculs. Plonger le flotteur dans un vase contenant de l'essence, repérer la ligne de flottaison. Le plonger ensuite dans le benzol et déterminer par tâtonnement le poids nécessaire pour ramener la même immersion. Découper une rondelle de plomb du poids ainsi obtenu et la fixer sur le flotteur par trois points de soudure.

Ne pas y toucher, la différence de densité étant très faible.

ORIFICE DE GICLAGE.

(La fumée noire, l'odeur des gaz brûlés, l'encrassement sont dus à une combustion incomplète, à un excès de carburant.)

Réduire la section du gicleur de 10 0/0 environ.

Mater ou mieux changer l'ajutage ou boucher des rainures.

Réduire la section du gicleur dans le rapport de 2 à 3.

Changer l'ajutage ou boucher des rainures.

RÉCHAUFFAGE.

(Pour combattre le givre et obtenir la vaporisation préalable nécessaire pour bien brûler le carburant, il faut réchauffer suffisamment.)

L'augmenter,

1° Soit en agrandissant l'enveloppe de prise d'air chaud, soit en accroissant l'importance de la dérivation d'eau chaude ou de l'échappement;

2° En ajoutant, si possible, une enveloppe de réchauffage des gaz par une forte dérivation de l'échappement juste au-dessus de la chambre de giclage.

Ne pas y toucher.

AVANCE A L'ALLUMAGE.

(Pour chaque allure, il existe un point où le moteur donne son maximum sans cogner.)

L'augmenter un peu.

La réduire beaucoup.

DÉPARTS.

(Le point d'éclair du benzol (— 15 degrés) indique qu'il part aussi bien que l'essence (— 17 degrés). Mais, moins volatil, il sature l'air moins facilement.

Fermer momentanément les orifices d'air additionnel et même ceux d'air primaire. Par les temps très froids, on peut aussi verser quelques gouttes de benzol par les robinets de décompression.

Comme ci-contre.

Comme conclusion de cette étude, nous indiquerons quel devrait être un carburateur à giclage susceptible d'utiliser tous les carburants et en particulier le benzol.

Il devrait, à notre avis, posséder : un système de réglage permettant de ramener le niveau constant contrôlable par un indicateur à tube de verre (quelque chose dans le genre du ressort soulageant le pointeau indépendant du flotteur, imaginé par la Lorraine-Dietrich, ou dans le genre de l'allonge réglable portant le pointeau solidaire du flotteur, imaginé par Georges Richard, pourrait convenir) ; un gicleur à orifice réglable avec des crans indiquant les positions correspondant à l'essence, au benzol et à l'alcool carburé.

On peut cependant refuser systématiquement aux chauffeurs inhabiles un tel mode de réglage ou... déréglage, et les obliger au changement du flotteur et du gicleur.

Il est de plus nécessaire qu'au départ, de grandes surfaces de léchage, des obturateurs appropriés augmentant la vitesse de passage de l'air, facilitent l'entraînement des quantités de benzol indispensables.

Serait-ce encore trop demander à ce carburateur, que de réaliser des mélanges *pratiquement constants comme dosage à toutes les allures* et *avec un excès d'air limité à 10 0/0?* Comme nous l'avons exposé plus haut, nous pensons qu'on arriverait à une meilleure automaticité de la carburation en agissant, suivant une loi facile à déterminer, sur la vitesse du courant d'air par un étranglement variable au droit de l'orifice de giclage, au lieu de couper la dépression par une admission variable d'air additionnel.

Nous ajouterons que ce carburateur devrait être réchauffé modérément au giclage pour éviter la formation de givre, et que les gaz devraient être fortement réchauffés par une importante dérivation des gaz d'échappement, avant leur introduction dans les cylindres.

Nous ne voudrions pas terminer cette communication sans remercier M. Desvignes, directeur de la raffinerie de la Société de Colombes, et M. Dufresne, Ingénieur-chimiste. Ils ont procédé avec un soin tout scientifique aux essais que M. Mallet, administrateur du Comptoir des Benzols, a bien voulu autoriser, après avoir obtenu de la maison Panhard-Levassor et de son distingué directeur, M. le commandant Krebs, le prêt extrêmement obligeant d'un groupe moteur-frein dynamométrique.

APPENDICE I

Cas de l'essence 0,700. — *Influence de la proportion d'air sur la puissance et la consommation.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pression atmosphérique . . . . mm	763	761	761	761	761	761	761	761	761	761	761	761
Température ambiante . . . . degrés	20	19	19	18	18	18	19	18	19	19	19	20
— entrée eau. . . . . . . —	17	23	24	26	28	30	31	31	33	35	38	38
— sortie eau. . . . . . . —	25	31	32	35	37	38	43	43	44	43	47	46
— barillet. . . . . —	5	5	4	5	6	7	7	7	8	10	11	11
Dépression barillet (Hg) . . . . cm	6	7,5	7	7	6,5	6	6	6	5	4,5	4	4
— giclage (H^2O) . . . . —	81	88	82	77	72	64	62	56	52	46	39	33
Contrepression échappement (H^2O). . . —	46	20	21	21	21	21	21	21	23	23	22	17
Avance à l'allumage (nombre de dents). . .	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Gaz brûlés 0/0 CO^2.	7	8	9	10	11	12	13	14	14	13	11	10
— — O.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	7
— — CO.	10,5	9	8	5,5	4	2	1	0	0	0	0	0
Rhéostat d'excitation (nombre de plots). . .	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Volts	167	180	183	186	188	188	192	188	177	175	155	138
Ampères	42	46	47	48	48	48	49	48	48	43	39	34
Lampes en circuit	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}	118^{32}
Consommation horaire l	8,571	8,571	8,182	8,00	7,423	7,347	6,923	6,548	6,316	5,807	5,217	4,865
Poids pour équilibrer. . . . . kg	10,200	10	10,200	10,400	10,600	10,700	10,700	10,600	10,300	9,500	7,700	6,300
Nombre de tours.	797	968	959	978	980	990	991	983	974	944	885	840
Puissance en chevaux	11,340	13,504	13,645	14,189	14,491	14,777	14,792	14,536	13,905	12,510	9,506	7,382
Consommation par cheval-heure — Ccs. . .	756	635	600	564	516	497	468	450	451	464	549	659
Consommation par cheval-heure — Grs. . .	529	444	420	395	361	348	328	315	316	325	384	461

APPENDICE II

Combustion du benzol, en supposant que tout l'hydrogène est oxydé à l'état de H^2O et que tout le carbone est oxydé à l'état de CO^2 ou de CO.

Nous ferons nos calculs pour le benzène.

Combustion parfaite :

C^6H^6	+	O^{15}	=	$6CO^2$	+	$3H^2O$
2 vol.		15 vol.		12 vol.		condensation

Quinze volumes d'oxygène entraînent.	56,66	vol. d'Az.
Il se forme.	12,00	— de CO^2
Volume total des gaz fixes. . . .	68,66	

Le pourcentage de CO^2 dans les gaz brûlés, après condensation, est de :

$$\frac{12 \times 100}{68,66} = 17,475.$$

Ce même pourcentage est de 17 environ avec le C^7H^8 et de 16,8 avec le C^8H^{10}; on peut donc prendre 17,4 pour le benzol 90 0/0.

Manque d'air. — Supposons :

C^6H^6	+	O^{14}	=	$5CO^2$	+	1CO	+	$3H^2O$
2 vol.		14 vol.		10 vol.		2 vol.		condensation

Quatorze volumes d'oxygène entraînent.	52,88	vol. d'Az.
Il se forme.	12,00	— de CO^2 et CO
Volume total des gaz fixes	64,88	

CO^2 0/0 dans les gaz brûlés, après condensation :

$$\frac{10 \times 100}{64,88} = 15,41.$$

CO 0/0 : $$\frac{2 \times 100}{64,88} = 3,08.$$

Pour $C^6H^6 + O^{13} = 4CO^2 + 2CO + 3H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0	13,09
CO —	6,54

Pour $C^6H^6 + O^{12} = 3CO^2 + 3CO + 3H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0	10,47
CO —	10,47

Pour $C^6H^6 + O^{11} = 2CO^2 + 4CO + 3H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0	7,47
CO —	14,94

Pour $C^6H^6 + O^9 = 6CO + 3H^2O$, on trouve :

CO 0/0.	26,08

Excès d'air. — Si, au lieu de 17,4 0/0, on obtient :

17 0/0 de CO^2, il devrait y avoir dans les gaz brûlés :

$$\left(100 - \frac{100 \times 17}{17,4}\right)\frac{20,93}{100} = . . \quad 0,50\ 0/0\ d'O$$

16 0/0	1,70
15 —	2,90
14 —	4,10
13 —	5,31
12 —	6,51

Combustion de l'essence.

Nous ferons nos calculs pour l'hexane.

Combustion parfaite :

C^6H^{14}	+	O^{19}	=	$6CO^2$	+	$7H^2O$
2 vol.		19 vol.		12 vol.		condensation

Dix-neuf volumes d'O entrainent . . .	71,77 vol. d'Az.
Il se forme.	12,00 — de CO^2
Volume total des gaz fixes. . . .	83,77

CO^2 0/0 dans les gaz brûlés, après condensation :

$$\frac{12 \times 100}{83,77} = 14,323.$$

Ce même pourcentage est de 14,4 pour le C^7H^{16} et de 14,5 pour le C^8H^{18}. On peut donc prendre 14,4 pour l'essence 700.

Manque d'air. — Supposons :

$$C^6H^{14} + O^{18} = 5CO^2 + CO + 7H^2O$$

Dix-huit volumes d'O entrainent . . .	67,88 vol. d'Az.
Il se forme.	12 » — de CO^2 et CO
Volume total des gaz fixes. . . .	79,88

CO^2 0/0 dans les gaz brûlés, après condensation :

$$\frac{10 \times 100}{79,88} = 12,51.$$

CO 0/0 : $$\frac{2 \times 100}{79,88} = 2,50.$$

Pour $C^6H^{14} + O^{17} = 4CO^2 + 2CO + 7H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0.	10,49
CO —	5,25

Pour $C^6H^{14} + O^{16} = 3CO^2 + 3CO + 7H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0	8,28
CO —	8,28

Pour $C^6H^{14} + O^{15} = 2CO^2 + 4CO + 7H^2O$, on trouve :

CO^2 0/0	5,82
CO —	11,64

Pour $C^6H^{14} + O^{13} = 6CO + 7H^2O$, on trouve :

CO 0/0.	19,63

Excès d'air. — Si, au lieu de 14,4 0/0, on obtient :

14 0/0 de CO^2, il devrait y avoir dans les gaz brûlés :

$$\left(100 - \frac{100 \times 14}{14,4}\right)\frac{20,93}{100} = . . \quad 0,60 \text{ 0/0 d'O}$$

13 0/0	2,05
12 —	3,50
11 —	4,95
10 —	6,40

A. G.

PROSPECTION POUR CUIVRE

AU SUD DE L'ÉTAT DE MICHOACAN

(MEXIQUE)

PAR

M. Raoul BIGOT.

I. — Le cuivre.

L'utilité du cuivre dans l'industrie moderne est trop incontestablement connue de tous pour qu'une énumération des divers emplois de ce métal et des raisons expliquant l'augmentation croissante de sa consommation soit justifiée comme préambule à ce compte rendu d'un voyage fait dans le but de se documenter sur l'avenir cuprifère d'une petite partie de notre planète.

Les statistiques enseignent que la production du cuivre est passée de :

265 400 t en 1889
à 732 500 t en 1906.

II. — Le cuivre au Mexique.

Des chiffres cités, la part provenant du Mexique est de :

4 300 t en 1889, soit 1,62 0/0
et de 50 500 t en 1906, soit 6,89 0/0.

Ces chiffres sont évidemment bien modestes à côté de la production des États-Unis, qui atteint 58,62 0/0 de la production mondiale, mais le Mexique n'en occupe pas moins le second rang comme pays producteur de ce métal depuis 1903.

Le cuivre n'étant pas manufacturé au Mexique, on peut admettre que la production du pays est représentée par l'expor-

tation de ce métal et de ses minerais, c'est-à-dire par le graphique de la figure 1.

Depuis 1903, l'exportation du métal cuivre a légèrement baissée; mais, par contre, l'exportation des minerais de cuivre a notablement augmentée et, si l'on tient compte que ces minerais, pour supporter les frais divers (frets, droits d'entrée, etc.) jusqu'à leur arrivée aux fonderies étrangères, doivent nécessairement être riches, on peut conclure que la production du cuivre venant du sous-sol mexicain est en progression constante.

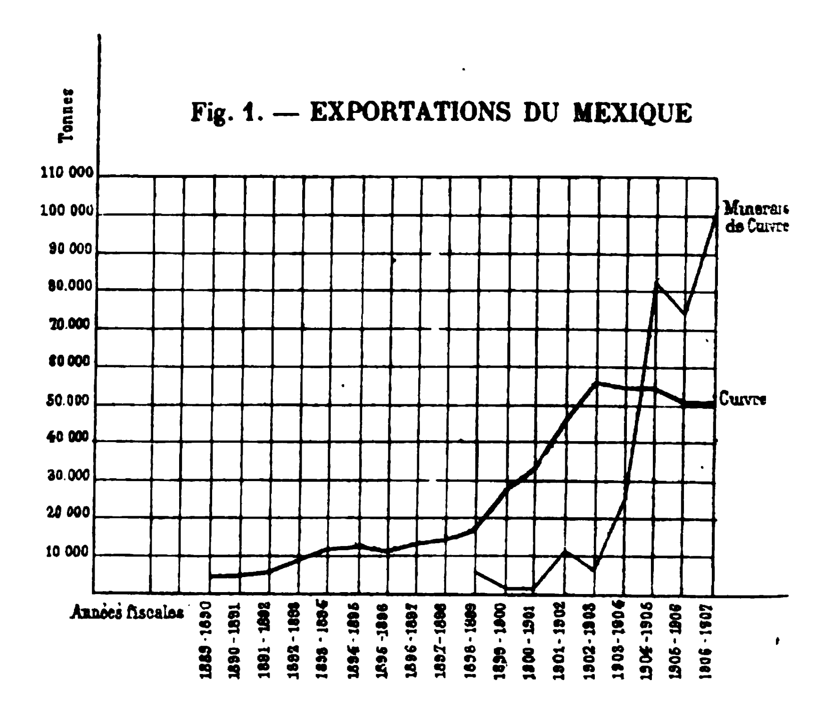


Fig. 1. — EXPORTATIONS DU MEXIQUE

Nous notons ici que la production de l'année courante 1907-1908 présentera certainement un déficit par rapport aux années précédentes, non seulement à cause de la baisse de ce métal, mais surtout par suite de l'arrêt, en novembre 1907, des mines de la Cananea (État de Sonora); ces mines, dont l'exploitation ne date que de quelques années, produisirent, en 1904-1905 : 28650 t de cuivre raffiné et furent le facteur le plus important de l'ascension de la courbe de production du cuivre au Mexique ; d'après des rumeurs que nous signalons sans avoir pu les contrôler, l'arrêt de l'exploitation a suivi immédiatement

le passage, dans les mains de l'Amalgameted, du contrôle de la Société exploitant ces mines.

Le cuivre était connu et utilisé au Mexique par les Aztèques avant la conquête espagnole ; un document qui fait partie du Musée National, à Mexico, indique, en effet, que certains villages, comme contributions aux empereurs mexicains, avaient à leur remettre, en outre, des haches et des sonnettes de cuivre.

En 1804, Alexandre de Humbolt, dans son remarquable ouvrage *Essai politique sur la Nouvelle Espagne*, indique qu'avant

Fig. 2. — ÉTATS DU MEXIQUE

Echelle $\frac{1}{30.000.000}$

la conquête, les armes, les haches, les ciseaux, tous les outils étaient faits en cuivre ; ce cuivre était allié à de l'étain qui le rendait plus dur. A Tasco, les indigènes se servaient pour leurs échanges de monnaies de cuivre et d'étain, c'est d'ailleurs à cause de cette particularité que le conquistador Cortez, qui cherchait ces métaux pour fondre des canons, fut amené à faire exécuter à Tasco, État de Guerrero, les premiers travaux miniers espagnols.

Humbolt cite comme contenant du cuivre des endroits situés dans l'État actuel de Michoacan et dans le Nouveau Mexique (actuellement aux États-Unis).

Santiago Ramirez, dans son ouvrage actuellement introuvable *La Riqueza Minera de México*, 1884, indique que, sur les vingt-sept États, seize possèdent des gisements de cuivre.

Le cuivre au Mexique est actuellement extrait principalement des États suivants (par ordre d'importance) (*fig. 2*):

Sonora (La Cananea, Moctezuma, Nacozari),
Basse-Californie (Compagnie française du Boleo),
Puebla,
Zacatecas,
Guerrero,
Chihuahua,
Aguascalientes,
Jalisco.

III. — Le cuivre dans l'État de Michoacan.

L'État de Michoacan (*Pl. 161*) figure pour une quantité insignifiante dans la production du métal qui nous occupe; n'en est-il pas pour cela moins intéressant?

Humbolt, dans le Mexique limité à ses frontières actuelles, n'indique en gisements de cuivre que « les mines d'Inguaran, un peu au sud du volcan de Jorullo, et celles de San Juan Guetamo, dans l'intendance de Valladolid », le tout dans l'État de Michoacan.

Une carte, dressée en 1865 par un abbé, D. José Guadalupe Romero, indique autour du village de Churumuco des gisements de cuivre et à l'est du village d'Inguaran de riches gisements du même métal.

Vignotti, dans sa communication à l'Académie de Metz, en 1868, signale, à propos des départements de Michoacan, de Tancitaro et de Coalcoman (ancienne province de Michoacan) : « Le cuivre, qui y est très abondant, est habituellement mélangé aussi d'argent et d'or. »

Santiago Ramirez, dans son notable ouvrage déjà signalé, dit : « Parmi les gisements de cuivre du Mexique, les plus dignes d'être mentionnés sont ceux qui se rencontrent dans l'État de Michoacan et qui fournissent les fonderies de Santa Clara... Ces gisements se trouvent en trois points principaux : Inguaran, Oropeo et Churumuco et, quoiqu'il n'y ait pas d'autres indications, la présence de minerais cuprifères parmi des échantillons

recueillis en localités différentes fait supposer que ceux-là ne sont pas uniques, sinon qu'au contraire il en existe d'autres dans lesquels il se peut que l'on puisse faire avantageusement des travaux d'exploration. »

A ces renseignements historiques, si l'on ajoute :

Que les importants travaux d'exploration exécutés à Inguaran font penser que la voie ferrée parcourera bientôt des régions actuellement isolées;

Que la présence d'un grand fleuve, Las Balsas, donne un attrait spécial à la situation économique générale de la partie sud de cet État;

Que des renseignements particuliers, recueillis au cours de quelques années passées au Mexique, semblaient confirmer l'existence d'une région riche en cuivre, on comprendra que nous ayons pu nous intéresser à des recherches dans le dit État. Non pas dans l'ensemble de l'État, car plusieurs années seraient nécessaires pour reconnaître les 58 694 km² le composant, de relief très accidenté, sans voies de communications, sans cartes exactes, mais la partie spécialement indiquée dans les renseignements précités. C'est ainsi que l'itinéraire général de recherches a eu pour point de départ Huetamo (le San Juan Guetamo indiqué par Humbolt) *(Pl. 161)*, a suivi la rive droite du rio de Las Balsas jusqu'à Churumuco pour remonter ensuite par Inguaran et Santa Clara.

La carte géologique du Mexique indique pour la presque totalité de l'État de Michoacan, comme pour la plus grande partie de tout le Mexique, la présence de roches tertiaires indicatrices de bons gisements métallifères.

IV. — **Régions de Huetamo et de Churumuco.**

Suivant l'ordre même de notre voyage, à environ 15 km au sud de Huetamo, nous arrivons au village de Turicio *(fig. 3)*; les collines situées au sud-est de ce village (en I) contiennent une multiplicité remarquable d'indices de cuivre. Ces collines sont constituées de tuf volcanique andésitique fin, de couleur soit brun rougeâtre, soit violacée, soit gris bleuâtre, cette dernière étant la prédominante. Dans ce tuf se trouve une grande quantité de minces filons quartzeux contenant sans doute un peu de métaux précieux et de nombreux affleurements de chapeaux de

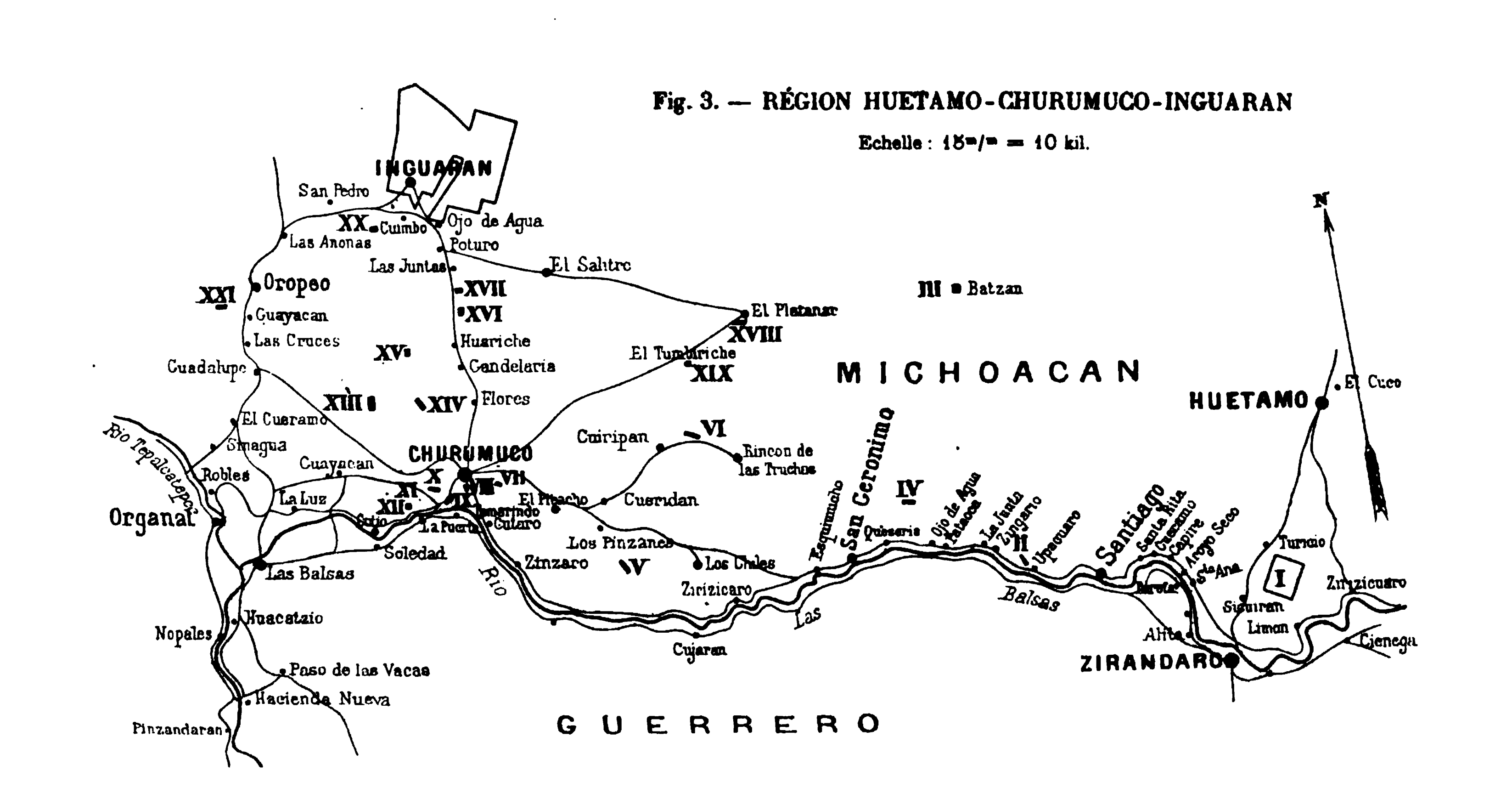


Fig. 3. — RÉGION HUETAMO-CHURUMUCO-INGUARAN

Echelle : 15m/m = 10 kil.

fer avec minerais de cuivre ; ces affleurements sont réduits de dimensions, leur largeur varie de quelques centimètres jusqu'à 4 m, leur longueur dépasse rarement quelques mètres ; les chapeaux ferreux se composent principalement de fer oligiste dans du quartz, avec de l'hématite, de la pyrite brûlée, parfois un peu de limonite et parfois de l'épidote ; à ces produits sont mêlés des oxydes, carbonates et silicates de cuivre et même quelques traces de chalcopyrite (1).

Dans l'un des échantillons rapportés, il a été constaté la présence de traces d'allanite : silicate contenant alumine, fer, chaux et les métaux du groupe du cérium et de l'yttrium. Avis aux amateurs de terres rares.

Les nombreux affleurements observés sont irrégulièrement dispersés, nous avons cherché en vain une direction moyenne, elle n'existe pas ; si quelquefois à peu de distance les uns des autres on rencontre de ces affleurements paraissant parallèles, il n'y a pas là une loi générale et les diverses directions prises vont du nord-sud à l'ouest-est en passant par le nord-ouest-sud-est. De plus, c'est en vain que nous avons cherché deux affleurements paraissant en prolongement l'un de l'autre.

Ces divers affleurements ne donnent aucune indication précise quant à la formation possible d'un gîte cuprifère en cet endroit. Des travaux d'explorations, seuls, permettraient de s'en rendre compte ; s'il y a un amas métallique que l'on peut présumer être riche en cuivre, ce doit être un gîte incorporé à la roche et il doit être resté en relation directe avec certains des affleurements signalés.

Vu l'étendue assez grande (environ 4 × 3 km) intéressée par ces taches métallisées, les travaux à faire pour s'assurer de la présence ou non d'un gisement seraient assez importants et seraient sans doute réduits au minimum de coût par l'exécution de sondages préalables.

D'une manière générale, les affleurements des collines de Turicio ont été légèrement travaillés par les indigènes ; à un endroit, il a été fait, paraît-il, il y a quelques cinquante ans, une galerie de 2,50 m de largeur sur environ 40 m de longueur ; l'entrée de cette galerie est actuellement éboulée, mais le tas de parties peu riches se trouvant près de cet endroit indique qu'il

(1) L'examen minéralogique des échantillons rapportés a été fait avec la collaboration de M. Adolphe Richard, répétiteur du cours de géologie et minéralogie à l'École Centrale et préparateur au Laboratoire de minéralogie de l'École Nationale Supérieure des Mines.

y a certainement eu là une petite exploitation avec cassage et triage des minerais à la main ; si l'éboulement n'intéresse que l'entrée de la galerie, une simple reprise pourrait donner lieu à des indications importantes. A cette époque, les habitants de Sicuiran produisaient du cuivre métallique par le traitement dans de petits fours creusés en terre et chauffés au charbon de bois; cette industrie a complètement disparu, mais tous les témoignages concordent pour affirmer la véracité de ce fait. La légende veut que les mêmes collines, qui sont très mouvementées et difficiles d'accès, contiennent des minerais d'or et d'argent; la présence de nombreux petits filons de quartz ne rend pas cette légende invraisemblable.

A environ 30 km de chemin de cette partie de si belle apparence, nous trouvons, au bord même du rio de Las Balsas, à l'ouest du « Rancho de Upacuaro » (en II), les affleurements de quatre filons parallèles direction nord-ouest-sud-est; ces affleurements sont des chapeaux de fer émergeant nettement, grâce à des érosions, d'un tuf volcanique andésitique compact gris verdâtre; à des oxydes de fer, de la pyrite brûlée, de l'épidote, se trouve mêlé du carbonate de cuivre qui indique qu'en profondeur il peut y avoir quelque chose d'intéressant; ces affleurements sont très nets, l'un d'eux est visible sur environ 700 m de longueur et sa puissance va parfois jusqu'à 8 m. Nous n'avons relevé aucune trace, si légère soit-elle, de travaux. L'un des affleurements présente de très légères indications de chalcosine, sulfure de cuivre.

Nous dirons ici quelques mots d'une mine, non visitée par nous, mais sur laquelle nous avons recueilli des renseignements dignes de foi, c'est la mine « Batzan » (en III). Depuis sept ans que cette mine est en exploitation, un peu primitive, il a été exporté plus d'un millier de tonnes de minerais contenant au minimum 20 0/0 de cuivre ; il a été rigoureusement reconnu l'existence de 35 000 t de minerai avec teneur générale de 11 0/0 et une première évaluation du filon principal, de 0,80 m de puissance, estime le tonnage à plus de 200 000 t. Il nous a été remis de cette mine un très bel échantillon de phillipsite de composition théorique de ce sulfure double de cuivre et de fer et un échantillon de chalcopyrite dans du quartz, avec quelques oxydes de fer, mais sans pyrite de fer.

En IV, il nous a été signalé un filon de 0,50 m de puissance, riche en carbonate de cuivre.

Au sud-est du « Rancho de los Pinzanes », à 3 ou 4 km du fleuve, en V, se trouve un affleurement intéressant, de direction nord-ouest-sud-est ; cet affleurement ne peut se suivre sur toute sa longueur mais il est visible sur des parcours notables à des points situés respectivement à environ 300 et 600 m les uns des autres, en des endroits formant sommets ou arêtes où les érosions ont pu dégager la formation filonienne ; sa largeur varie de 1 à 4 m ; il émerge d'une andésite siliceuse. A chaque coup de marteau détachant un morceau du chapeau de fer apparaît de la malachite (carbonate de cuivre) et à la partie principale de l'affleurement il y a, outre de la malachite, de la chalcosine ; un échantillon moyen sur la largeur de cet affleurement a donné une teneur en cuivre de 3,83 0/0 ; à un certain endroit un puits de 5 à 6 m creusé il y a longtemps par un vieil indien, montre que la présence de la malachite subsiste à cette profondeur et que le filon s'incline vers l'est dans la roche.

Quelques puits seraient nécessaires pour se rendre compte si les espérances, qu'à juste titre ces indices peuvent faire concevoir, sont justifiées.

Près de Cuiripan, en VI, dans des roches quartzeuses, de grès dur, nous avons observé un filon de 0,70 m de puissance, de formation quartzeuse avec imprégnations de chalcopyrite et rarement de chalcosine.

Nous arrivons maintenant aux environs immédiats de Churumuco, qui méritent de fixer plus longtemps l'attention.

En VII, à environ 2 à 3 km du village, un présumé filon de direction est-ouest est décelé par la présence d'un chapeau de fer de 2 à 4 m de largeur, visible sur près de 200 m de longueur ; ce chapeau contient des traces de cuivre, de la chalcosine et, près d'un petit puits, un échantillon moyen sur la largeur a indiqué 2,32 0/0 de cuivre ; la formation est siliceuse, les roches environnantes sont andésitiques.

Plus près encore du village, à moins de 1 km, en VIII, se trouve un affleurement pas très bien marqué, non complètement découvert et dont la largeur atteint 15 à 20 m sur une longueur apparente de 80 m ; la formation est siliceuse avec des oxydes de fer, du fer oligiste et des traces de cuivre ; un petit puits commencé montre nettement un petit filon de 0,20 m de formation siliceuse avec de la chrysocolle (silicate de cuivre) et des chlorites (silicates hydratés d'alumine, de magnésie et de fer).

En IX, dans les collines dites de Mayapito nous trouverons

plus d'intérêt, il s'agit d'ailleurs là d'une mine ayant donné des résultats notables au cours d'une exploitation irrationnelle et sans précautions et qui se termina par des éboulements suivis de l'abandon de la mine ; depuis personne n'a songé à reprendre les travaux. Santiago Ramirez dans un ouvrage déjà signalé dit que l'extraction dans cette mine donnait des concentrés avec une loi moyennne de 65 0/0 de cuivre.

Les collines sont formées de porphyres dioritiques contenant beaucoup de cristaux de hornblende. Nous avons relevé la trace de neuf anciens travaux et plusieurs affleurements, l'ensemble montrant qu'il existe là quatre filons parallèles de 1 à 3 m de puissance, de direction nord-est-sud-ouest et s'enfonçant légèrement vers l'est dans le sol. Le filon situé à l'est, le plus près du Rio de las Balsas, est de quartz imprégné de chrysocolle, malachite et chalcosine ; sur ce filon existe une tranchée éboulée mais laissant voir les multiples indices de cuivre et une autre tranchée suivant exactement le filon sur le versant d'une colline: cette dernière tranchée de 1 m de large et une dizaine de mètres de longueur se termine par un front de 10 m environ de hauteur ; un échantillonnage de ce front a donné une teneur de 22,52 0/0 de cuivre.

Le filon voisin, à environ 25 m du précédent, dans un grès rouge à grain fin présente une venue quartzifère de 1 m de largeur, imprégnée de chrysocolle ; deux puits sont visibles, leur accès en est dangereux ; de l'un d'eux un Indien osé en tirait encore il y a peu de mois des minerais qui, après triage à la main, contenaient de 50 à 70 0/0 de cuivre contenant, par conséquent, des sulfures ; des minerais abandonnés par le dit indien et ramassés par nous contiennent 12,70 0/0 de cuivre. C'est sur ce même filon qu'un éboulement visible cache, d'après les dires des gens du pays, la « boca-mina » c'est-à-dire l'entrée principale de la mine lors de son exploitation. Un troisième filon situé à environ 100 m du précédent ne présente que des travaux de peu d'importance, quelques coups de pioche amorçant de petits puits et de petites galeries ; il n'en paraît pas moins intéressant car l'affleurement qui parfois à 3 m de largeur est formé d'une brèche andésitique avec veinules de calcite, colorée par des oxydes de fer et montrant, au moindre coup de marteau, de la chalcosine.

Le quatrième filon d'environ 1 m de puissance est de formation quartzeuse imprégnée de carbonate et surtout de sulfure de

cuivre ; un échantillonnage pris à l'endroit où une petite tranchée a été ouverte a donné à l'analyse 18,85 0/0 de cuivre (ainsi que 170 g d'argent à la tonne et des traces d'or), un autre échantillonnage sur un petit puits a donné 8,31 0/0 de cuivre. Sur ce filon se trouvent les traces de travaux assez importants, éboulés ; aux abords de ceux-ci on rencontre le « terrero » (ce qui était négligé dans l'exploitation) et quantités de pierres avec la couleur verte caractéristique des sels de cuivre formés par l'action des agents atmosphériques, pierres qui brisées montrent la chalcosine qu'elles contiennent.

Cet ensemble de Mayapito est incontestablement, en dehors des gisements exploités, le plus intéressant de ceux rencontrés au cours de nos pérégrinations ; les travaux antérieurs ont été conduits sans aucune idée directrice et sans les précautions que nécessitaient la présence de chaque côté des filons de couches d'argile de contact que les mineurs mexicains dans leur langage appellent « jaboncillos » du mot « jabon » : savon ; ces couches de contact exigent naturellement l'emploi de boisages dont l'absence a provoqué les éboulements que nous avons déja signalés.

Une reprise de travaux ne pourrait se faire d'après les anciennes fouilles ; le plus simple, vu que ces filons sont parallèles et situés dans ces collines, serait évidemment de faire un travers-banc dont l'emplacement serait déterminé par la prévision de son affectation future — au cas de rencontres intéressantes — à l'exploitation ; toutes les probabilités indiquent que les filons seraient coupés, et des galeries en direction poussées dans chacun de ces filons permettraient de se rendre compte de leurs diverses importances.

A l'ouest de ce groupe, à environ 2 km, en X, se trouve la mine connue sous le nom de « El Puerto » (qui signifie : le col, dans le sens géographique) ; cette mine très ancienne avait été abandonnée pour cause de manque de ventilation, elle fut reprise, en 1882, par un Mexicain qui après l'avoir travaillée pendant quatorze ans en perdit la propriété légale ; les propriétaires nouveaux ne s'entendirent pas et depuis près de cinq ans la mine est paralysée par suite de procès ; un gardien aux ordres de la justice en défend l'entrée.

Cette mine comprend deux filons orientés ouest-est et très fortement inclinés dans le sol vers le nord. Un filon, dit « Santiago » se trouve dans une lave andésitique violette foncée avec

veines de calcite; ce filon formé de calcaire mélangé de quartz avec chalcosine et traces de malachite, est nettement séparé du mur, alors que sa démarcation avec le toit n'est pas très nette ; il présente un puits de 8 m de profondeur là où sa largeur est de 1,25 m et une galerie d'une vingtaine de mètres là où sa largeur est de 2 m ; sur ce filon se trouve une ancienne tranchée complètement éboulée. Le filon en exploitation lors de l'arrêt des travaux est un peu au nord de celui-là : deux entrées, à 10 m de distance, donnent accès dans deux galeries inclinées dont le sol est taillé en escalier, et de 80 m environ de longueur ; elles sont réunies à leurs extrémités par une galerie ouest-est qui s'étend de chaque côté en plein dans le filon riche ; sa puissance varie de 0,50 à 1 m ; sa formation est analogue à celle du premier filon.

L'usine de concentration adjointe à l'exploitation comporte quelques petits hangars sous lesquels le minerai était cassé en petits morceaux à la main, les outils étant des cailloux, un triage s'ensuivait, puis une concentration dans un bac en bois; l'appareil mécanique consistait en une pelle mue par un homme ; ces procédés primitifs, rencontrés d'ailleurs en d'autres endroits, donnaient des concentrés titrant de 40 à 70 0/0 de cuivre.

A l'ouest, en XI, dans la colline dite de la Nieva, un puits fait sur un affleurement légèrement ferreux montre la présence dans une lave andésitique d'un petit filon de calcaire et carbonate de cuivre de direction nord-sud, incliné vers l'est de 26 degrés, inclinaison qui augmente et à 1 m de profondeur est de 40 degrés pendant que la puissance de 0,50 m à l'affleurement décroit et n'est que de 0,10 m à 6 m de profondeur ; le puits montre de nombreuses petites veinules de malachite. Sur la même colline nous avons observé un léger affleurement de direction nord-sud avec un peu de fer et des traces de sels de cuivre et quelques veinules quartzeuses avec traces de carbonate de cuivre.

En XII, dans la colline dite « de la Salud », sur le versant nord-ouest et dans la direction sud-ouest 1/4 O se trouve un affleurement d'un filon paraissant incliné vers le nord et visible sur une quarantaine de mètres; sa largeur variable atteint jusqu'à 4 m ; l'affleurement est composé de roches siliceuses avec des oxydes de fer et de très légères traces de cuivre.

Les indications de ces deux derniers endroits ne paraissent pas, dans l'état actuel de la région, très intéressantes, nous ne les avons signalées qu'à titre documentaire au point de

vue de la minéralisation générale des environs de Churumuco.

En XIII sur le versant est de la colline de « las Tranquillas » se trouvent des indices de minéralisation fort distincts ; là ni chapeaux de fer, ni affleurements, ni aucun indice de la présence de filons, mais, en plusieurs endroits répartis sur un demi kilomètre carré et principalement en une petite éminence, toutes les roches (lave andésitique décomposée) sont imprégnées de chrysocolle ; il n'y a pas là de pierres vennes des parties hautes mais une imprégnation réelle de la masse et l'hypothèse de la présence d'un gisement de cuivre peut, nous semble-t-il, être raisonnablement émise.

Le sel oxygéné de cuivre ne constitue certainement pas un gisement, il a été amené là presque certainement par des eaux parcourant plus bas des amas cuivreux et amenées à la surface par des crevasses. Ces amas sont-ils des filons situés dans des porphyres recouverts par l'andésite ? sont-ils, au contraire, des gisements ? Question intéressante si l'on considère que les fameuses mines du Boleo (qui, quoique éloignées de près de 1 500 km, ne sont pas moins situées dans la même zone géologique que la région décrite) exploitent des couches cuprifères interstratifiées entre des bancs de conglomérats et des tufs volcaniques andésitiques et que les manifestations de surface sont formées, si nous sommes bien informés, de sels oxygénés de cuivre amenés au jour par des crevasses dans le tuf andésitique. Un seul puits ou mieux des sondages pourraient donner rapidement des indications sur la valeur de cette hypothèse. Nous notons qu'un échantillonnage moyen ramassé sur une assez grande étendue a donné une teneur de 4,15 0/0 de cuivre.

C'est à la formation filonienne que nous ramène l'examen du versant est d'une éminence dite « Loma de Canipio » (en XIV). Dans un tuf andésitique décomposé, gris foncé, un affleurement, chapeau de fer, d'une puissance qui va jusqu'à 5 m est visible sur une centaine de mètres ; cet affleurement est du quartz coloré par des oxydes de fer, avec du fer oligiste micacé, quelques très légères traces de sels verts de cuivre et, par endroits, de la chalcosine. Un puits de quelques mètres indique que les manifestations cuivreuses augmentent en profondeur ; un échantillonnage de la partie rejetée après triage par les indigènes qui ont fait ce puits contient 4,79 0/0 de cuivre. Sur plusieurs mètres de chaque côté du filon le tuf est imprégné de carbonates et oxydes de cuivre et présente quelques traces de chalcosine.

Sur la colline de « la Cocoha » (en XV) on rencontre de curieux indices de cuivre natif mais qui ne permettent aucune hypothèse quant à la présence de ce métal en grande quantité. D'un trachyte décomposé émerge une veine d'aplite, granit à grain fin, qui, sur une longueur de 2 à 3 m, présente de petites lames de cuivre natif oxydé à la surface (cuprite) inserrées dans dans la roche.

Un petit puits creusé, il y a longtemps, permet de constater que les indices de cuivre n'existent qu'à la surface.

En XVI nous avons constaté la présence, dans la vallée d'un petit ruisseau, d'une formation de tuf volcanique imprégné de malachite, sur 1 m de largeur; à quelques mètres, sur une petite hauteur, la même formation était découverte; aucune autre trace n'a pu être rencontrée même dans un autre petit thalweg qui, dans la direction nord-est du présumé filon, n'était qu'à une trentaine de mètres du premier.

En XVII, autre filon signalé par un puits fait il y a nombre d'années sur un petit affleurement légèrement ferreux visible: c'est une roche noire, qui a tous les caractères d'une chlorite, imprégnée de malachite. Cette observation a été faite sur le versant nord d'un contrefort sud-ouest de la colline de Cicuindio qui présente, parait-il, de nombreux indices de minéralisation cuprifère, aucuns travaux, soit d'exploitation, soit d'exploration n'étaient en cours lors de notre passage.

Dans les environs de El Platanar (en XVIII) on rencontre également de multiples traces de minéralisation avec indices de cuivre; il convient de citer un filon récemment mis à découvert sur le versant nord-est de la colline de Pastoria, c'est une venue de malachite et d'azurite dans du grès; la largeur est de 1,50 m de direction nord-ouest-sud-est, incliné de 13 degrés sur la verticale vers le nord-est; nous n'avons pu trouver d'autres affleurements de ce filon.

A l'ouest de ce point intéressant se rencontrent plusieurs petits filons de même direction, de quartz avec grès à grain fin présentant de la malachite, de la phillipsite, parfois des traces de galène ou de quartz avec mouches de chalcopyrite, et une venue de carbonate de cuivre dans un calcaire marneux.

En Tumbiriche (XIX) se trouve un filon particulièrement curieux d'une venue de chalcosine absolument pure, dans du quartz.

Nous transportant maintenant vers l'ouest jusqu'au plateau

Mesa de Reyes (XX) nous jetons un coup d'œil sur les travaux qu'en août 1907 exécutait la Ario Copper C°. Dans une sorte de diorite avec quartz et chlorite s'observe cinq filons parallèles de direction approximative est-ouest recoupés par quatre autres filons faisant, avec les premiers, un angle d'environ 20 degrés vers le nord-est; la minéralisation de ces filons est composée en majeure partie de pyrite de fer, mais de nombreux indices de cuivre, parfois très importants par leur teneur en chalcosine ou en chalcopyrite, font de cet endroit un champ d'investigation où l'espoir est permis; au moment de notre passage, la Compagnie américaine exploratrice, abandonnant les travaux primitifs faits dans les niveaux supérieurs, exécutait plusieurs travers-bancs destinés à rencontrer les filons signalés et dirigés vers les croisements des deux systèmes de filons. Les minerais provenant des travaux supérieurs étaient envoyés à Ojo de Agua où existait une petite usine de concentration mécanique, aujourd'hui abandonnée.

La colline dite de China (en XXI) est signalée par Santiago Ramirez, comme contenant une multitude d'affleurements abondants en chrysocolle et carbonates de cuivre. Cette colline formée d'andésites porphyroïdes présente plusieurs filons parallèles minéralisés et contenant le cuivre sous diverses combinaisons. L'un de ces filons est actuellement exploité par les antiques méthodes qui, des progrès modernes, n'ont adopté que l'emploi des barres à mines en acier et la dynamite; une galerie principale unique au niveau supérieur de l'exploitation, de près de 300 m de longueur, donne accès à un puits descendant duquel partent huit autres galeries superposées et suivant le filon; les minerais montés à dos d'hommes sur des échelles simplement constituées par un tronc d'arbre de 20 à 25 cm de diamètre, entaillé, sont cassés au jour au moyen de cailloux, triés à la main et concentrés de la manière déjà indiquée à propos de la mine El Puerto. La partie de ce filon ainsi exploité consiste en un calcaire teint en rouge par des oxydes de fer et contenant de la chalcopyrite, de la phillipsite, de la chalcosine et même du cuivre natif. Le minerai concentré a une teneur qui varie de 20 à 60 0/0 avec une moyenne de près de 40 0/0 de cuivre. Cette petite exploitation, qui n'emploie guère qu'une vingtaine d'ouvriers, donne de beaux bénéfices nets à ses propriétaires; par l'emploi de procédés modernes elle serait certainement susceptible de donner de fort beaux résultats, surtout que plusieurs filons analogues voisins

ne sont pas exploités et ne portent que les traces d'antiques travaux superficiels faits il y a fort longtemps.

Dans cette région, dite d'Oropeo, existent d'autres filons fort riches en sulfures de cuivre, principalement celui de la mine San Cristobal dont on extrayait, en 1881, d'après Santiago Ramirez des minerais qui concentrés donnaient 50 0/0 de cuivre.

V. — Région d'Inguaran.

Nous arrivons maintenant à la célèbre région d'Inguaran, où l'exploitation des gisements de cuivre fut faite pendant des siècles par les indigènes (probablement par les Tarasques, cités comme les plus intelligents parmi les trois peuples d'origine différentes : Tarasques, Otomites et Chichimèques qui habitaient l'ancienne province de Valladolid, aujourd'hui Michoacan) qui alimentaient les fonderies de Santa Clara, puis par les Espagnols, et qui sera un jour le siège d'une exploitation importante moderne, si l'on considère les travaux d'explorations et d'études considérables effectués par un puissant groupe financier français, le même qui contrôle la Compagnie du Boleo.

La région en question a été le théâtre d'intenses phénomènes cosmiques, mais dont la distribution dans la partie minéralisée n'a pas été affectée par l'apparition soudaine dans la nuit du 28 au 29 septembre 1759 du volcan de Jorullo, qui se trouve à quelques kilomètres au nord et est aujourd'hui éteint. Les amas métallifères, désignés dans le pays sous le nom de « guëdales » sont contenus principalement dans une venue de microgranulite qui, en formant un véritable filon de contact, a rempli une zone de fracture entre un granit dioritique, base de la formation première, et une andésite venue postérieurement. Sur la concession actuelle de la Compagnie d'Inguaran *(fig. 4)* comprenant près de 6 000 ha, il y a bien, d'après les gens du pays, cinq cents mines, c'est-à-dire cinq cents endroits travaillés peu ou beaucoup par les anciens; certaines sont connues, mais d'autres non, car, dans le but de réserver l'avenir et, comme cela s'est fait en nombre d'endroits au Mexique, les Espagnols, en quittant le pays, en 1821, dissimulèrent leurs anciens travaux, ainsi que, plus récemment, des Mexicains, lorsque la législation minière vint mettre un frein à la liberté de l'exploitation.

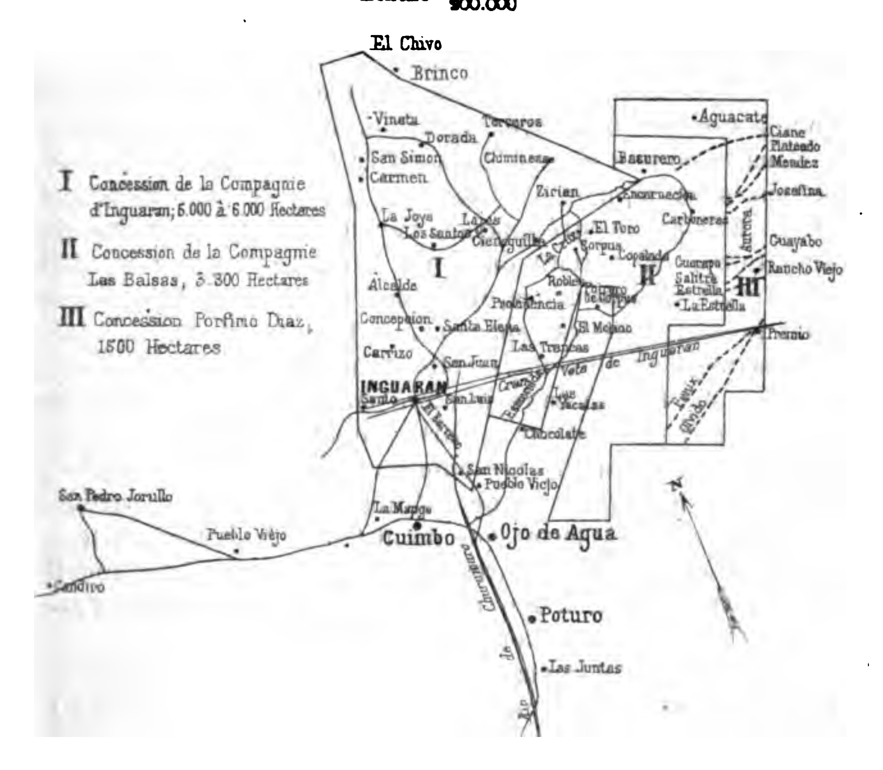
La plus importante des vieilles mines est celle dite « El Bar-

reno »; les anciens ont travaillé cette mine de bas en haut excavant là où ils rencontraient du minerai riche, créant ainsi de vastes cavernes jusqu'à arriver à la partie supérieure de la colline; travail fait sans précaution, guidé par la seule présence du cuivre, sans réserves de piliers et dont la visite produit une étrange impression; non loin de cette mine en existe une autre

Fig. 4

LES GRANDES CONCESSIONS DE LA RÉGION D'INGUARAN

Echelle $\frac{1}{900.000}$



disparue (La Botija, croyons-nous) et qui, depuis deux siècles, sert de tombeau à une centaine d'Espagnols et de Mexicains surpris par un effondrement gigantesque; depuis cette époque les nombreux chercheurs « cambusinos » se sont soigneusement tenus à l'écart de ce lieu qu'il considèrent comme maudit.

Le minerai de El Barreno est une sorte de conglomérat formé de petites masses de porphyre feldspathique agglomérées par un

ciment calcaire contenant de la chalcopyrite ; quelques cristaux de calcite et de quartz sont contenus dans ce ciment; chose à noter, il n'y a pas du tout de pyrite de fer. C'est d'ailleurs là formation générale des guëdales d'Inguaran ; néanmoins, en certains endroits isolés, le cuivre se rencontre sous forme de sulfures plus riches : bornite et chalcosine.

La mine Santa Teresa présente également la chalcopyrite dans l'agglomérant des porphyres ; pour l'écoulement des eaux de cette mine, en août 1907, la Compagnie exécutait une galerie, dite de « San Bartholo », dans une partie minéralisée analogue; nous y avons remarqué quelques lamelles de gypse au contact de carbonate de cuivre et de beaux échantillons de chalcopyrite cristallisée pure.

Dans la mine San Luis le ciment comprenant la chalcopyrite est un calcaire blanc, avec du kaolin et des cristaux de quartz.

Dans la colline de San Luis où, à la crête, une dépression connue sous le nom de « tajo del padre Anaya » indique les efforts faits par le curé Anaya, à l'époque coloniale, pour arriver au minerai en partant du point haut, se trouve : un grand nombre de vieilles mines, un tunnel de 400 m de longueur fait dans le stérile par les Espagnols, un tunnel (dit n° 3) fait par la Compagnie actuelle ; dans cette même colline un sondage a, paraît-il, été fait par cette dernière Compagnie sur plus de 100 m de longueur sans quitter la partie minéralisée.

La mine El Guindure présente de beaux morceaux de chalcopyrite non cristallisée et de phillipsite et quelques parties où l'agglomérant n'est formé que de quartz et de chalcopyrite.

Nombreuses sont les autres mines anciennes ayant donné lieu à des exploitations d'une certaine importance, nous n'avons signalé que celles que nous avons visitées.

La Compagnie d'Inguaran a procédé à d'importants travaux d'explorations dont nous dirons quelques mots basés sur nos observations personnelles et sur les rapports du Conseil d'administration aux Assemblées générales de la Compagnie, rapports que nous devons à l'obligeance de cette Société.

Ces travaux ont été dirigés principalement dans le massif situé au-dessous de la mine El Barreno ; à 35 m au-dessous du point bas de cette vieille mine a été creusé une galerie (dite tunnel n° 1) (*fig. 5*) de 200 m, de direction environ nord-est-sud-ouest, en roche presque stérile ; une galerie transversale B, de 900 m de longueur et débouchant à l'air libre est également en stérile;

la galerie A rencontre de suite une partie minéralisée; vers le nord-ouest ont été faites cinq petites transversales et quatre autres petites transversales à partir de la face sud de la galerie A et toutes ces petites transversales sont, sauf de rares endroits, complètement minéralisées et de formation absolument identique à celle de El Barreno; l'extrémité de la galerie A a été communiquée par une galerie courbe et à pente très raide avec une ancienne mine dite de « San Francisco »; deux communications ont également été créées entre le niveau de cette galerie et la mine El Barreno. Du niveau de ces divers travaux ont été creusés

Fig. 5

NIVEAU 100 DES TRAVAUX D'EXPLORATION

DE LA COMPAGNIE D'INGUARAN

(Croquis fait de mémoire)

les puits dits n° 1 et n° 2; ces puits sont actuellement inaccessibles, les treuils qui constituaient leur seul moyen d'accès ayant été enlevés. Ils ont une profondeur de 100 m, sont reliés par des galeries situées à 25, 50 et 100 m au-dessous du niveau de leurs orifices; plusieurs galeries rayonnant de ces puits ont permis de localiser un amas d'environ 3 millions de tonnes de minerai avec une teneur moyenne de 3 0/0 de cuivre.

Au niveau du bas des puits il a été percé un tunnel principal (dit de San Manuel, à cause d'une ancienne mine de ce nom existant à peu de distance vers l'est) de direction presque ouest-est et aboutissant près du puits n° 1; il est très légèrement minéralisé en quelques points, de 700 m environ de longueur; à partir de l'entrée sa section peut admettre deux voies, à l'autre extrémité

la section est, parait-il, réduite; des terres ont provoqué, en dehors de l'entrée une sorte de barrage, de plus de 1 m de hauteur, qui a retenu les eaux à l'intérieur du tunnel et interdit l'accès de celui-ci. En un mot, la masse minéralisée reconnue est actuellement inaccessible, tant par en haut que par en bas. Ce tunnel principal ne constitue pas un travail d'exploration, mais seulement un moyen d'accès dans le centre du massif d'Inguaran, soit pour en sortir les minerais déjà reconnus, soit pour y procéder à de nouvelles reconnaissances à niveau ou en profondeur.

Ces explorations ont donc été faites sur une partie fort réduite de la concession qui, nous le répétons, comprend plus de 5000 ha: il est permis de croire que, vu le grand nombre d'anciens travaux, il existe d'autres amas minéralisés d'importance en dehors de celui reconnu. C'est d'ailleurs ce qui semble résulter d'autres explorations moins importantes faites par la Compagnie aux endroits dénommés :

Camacho (sur un filon);
Concepcion (sur un amas);
Tachinola (sur un filon);
Dorada (filon de 1,25 m dont la moitié est minéralisée avec une teneur de 8 à 12 0/0):
Los Atitos (filon de 0,90 m avec teneur de 5 1/2 à 11 1/2 0/0 mais sur une longueur réduite);
Santa Rosa (filon de 0,90 m à 1,30 m avec teneur moyenne supérieure à 5 0/0);
San José (amas dont 45000 t de minerai à 3 0/0 ont été reconnus);
San Luis, San Juan, Pasacuareta.

L'ensemble des travaux d'explorations, outre les deux puits signalés, comprend près de 6000 m de galeries dont près de 5000 m dans le seul massif d'Inguaran; ces travaux d'avancement et exceptionnellement d'abatage ont donné environ 1200 t de concentrés à 30 0/0 de cuivre.

Les travaux, commencés en 1898, ont été suspendus fin mai 1905; à cette époque la Compagnie d'Inguaran avait dépensé, tant en achat de concessions, terrains, études, travaux, etc., près de 6 millions et demi de francs.

Un terrain de 450 ha, dit Las Burras (près El Organal) bordant le Rio de Tepalcatepec sur une longueur d'environ 4,5 km a

été acheté par la Compagnie en vue de l'établissement de l'usine de concentration et de traitement des minerais.

Une exploitation importante exige des moyens de communication dont Inguaran est complètement dépourvu; le chemin de fer qui relierait ce point à la ligne la plus proche vers Patzcuaro à 110 km présente d'énorme difficultés, car Inguaran est à quelques centaines de mètres au-dessus d'une plaine qui est à environ 1 600 m au-dessous du plateau où se trouve la ligne en question. Le chemin vers Paranguitiro et Uruapan présente également des obstacles pratiquement insurmontables.

Les difficultés ont paru telles que la Compagnie préférerait rejoindre le Pacifique, en suivant la vallée du Rio de San Pedro, puis celle du Rio de Tepalcatepec, une partie de la vallée du Rio de las Balsas, pénétrer dans l'État de Guerrero et, passant par La Union, rejoindre le port naturel de Zihuatanejo *(Pl. 161)*. Ce chemin de fer aurait 194 km de longueur; le prix prévu est, à voie normale, de 85 000 f le kilomètre, matériel roulant compris, soit environ 17 millions.

Tout en se rendant compte de la valeur incontestable du gîte, la Compagnie estime que cette valeur ne va pas jusqu'à ce que l'exploitation puisse être, en toute sécurité, chargée d'un capital très élevé, comme ce serait le cas si, au capital qu'elle exige directement devaient s'ajouter les millions nécessaires à la construction du chemin de fer de Zihuatanejo.

La Compagnie jugeant que ses explorations et travaux préparatoires sont suffisants pour entrer rapidement en exploitation, lorsque ses transports seront assurés, a donc décidé de simplement conserver ses propriétés et droits, de maintenir son matériel en bon état et tirer de ses propriétés de surface le meilleur parti possible, et d'attendre, pour la mise en exploitation, que soit construite par d'autres la ligne qui, suivant la vallée du Rio de las Balsas doit relier la capitale et le plateau central mexicain au Pacifique, où le terminus naturel est le port de Zihuatanejo: cette ligne faite, la Compagnie n'aurait plus qu'un embranchement d'environ 50 km à construire pour son compte.

La Compagnie pour maintenir un certain noyau d'ouvriers autour de ses gisements, passe des contrats avec des tâcherons; ceux-ci travaillent comme ils veulent mais exclusivement dans les anciennes mines; la Compagnie leur fournit la dynamite, les détonateurs, les mèches et les outils; ils paient leurs hommes à la tâche; ceux qui forent les trous de mine gagnent de 1 à

1,25 piastres par jour; ceux qui sortent le minerai au jour, ceux qui le brisent avec des pierres et le trient gagnent de 0,50 à 0,62 piastre et ceux qui concentrent à la main dans des tables dormantes en bois comme il a été indiqué à propos d'autres mines gagnent 1 piastre par jour.

Ces minerais de chalcopyrite avec gangue porphyrique se concentrent admirablement et les procédés employés, tout primitifs qu'ils soient, n'en donnent pas moins des concentrés titrant de 30 à 31 0/0 de cuivre, chiffre remarquable puisque la teneur théorique en cuivre de la chalcopyrite ($CuFeS^2$) est de 34,57 0/0. La Compagnie paie aux tâcherons 10 piastres par « carga de 12 arrobas » soit par 138 kg de concentrés à l'entrée de la mine: elle recueille en moyenne 40 cargas par semaine, ce qui représente le travail de 80 à 100 hommes. En 1906, la Compagnie a réalisé de ce fait un bénéfice de 110 000 f.

Telles sont les quelques notes recueillies sur un endroit qui sera peut-être un jour fameux parmi les centres producteurs de cuivre.

La minéralisation des environs d'Inguaran ne se borne pas à la concession de la Compagnie dont nous venons de parler; ayant eu l'occasion de parcourir rapidement quelques kilomètres à l'est de la dite concession, nous consignons les observations faites au cours de cette visite.

Le filon de contact de granulite dans lequel se trouve les amas minéralisés de « El Barreno » est visible sur une dizaine de kilomètres à l'est de cette ancienne mine; à environ 3 km un amas « La Esmeralda » a été l'objet d'une exploitation qui a même justifié l'installation au lieu dit « Las Trancas », d'une petite usine de concentration mécanique aujourd'hui arrêtée. La venue métallifère est différente, car la chalcopyrite se trouve mélangée à de la pyrite de fer qui est dominante; la partie minéralisée large de 12 m a été attaquée sur toute sa largeur et une grande trouée haute de plus de 6 m, profonde d'une vingtaine de mètres, creusée à flanc de côte, avec quelques petits puits et galeries secondaires est des plus pittoresques, la lumière se joue sur les innombrables cristaux de pyrite de fer, de chalcopyrite, de quartz, de sidérose, et les traînées vertes de sels oxydés et carbonatés de cuivre produits par l'action des eaux et de l'atmosphère contribuent à donner à l'ensemble un aspect qui, avant de fixer l'attention — disons minéralogique —

oblige les yeux à la muette admiration artistique et à l'évocation de ces cavernes mystérieuses des profondeurs du sol, où Jules Verne a promené nos imaginations enfantines.

L'affleurement filonien suit, mais ce n'est qu'à 4 et à 6 km de cet endroit que l'on trouve quelques indices fort légers de minéralisation; quelques traces de chalcopyrite là où l'affleurement quartzeux est extrèmement dur, quelques cristaux de blende et de galène sont également visibles.

En dehors de ce filon dont le seul nom « Gran Veta de Inguaran » évoque pour les mineurs et prospecteurs de la région des visions de richesses fabuleuses, l'existence d'un grand nombre d'autres filons prouve la minéralisation complète de cette contrée. Nombreux sont également les travaux plus ou moins anciens, indices de petites exploitations ou de recherches.

Parmi eux, nous signalerons la mine dite « Corpus » ou « Las Cuatas », où deux galeries d'une trentaine de mètres en prolongement et séparées par un petit thalweg, accusent un filon de 1,50 m à 2 m de large qui, dans une gangue quartzeuse contient de la pyrite de fer et de la chalcantite, sulfate de cuivre hydraté; au bout d'une de ces galeries existe un puits que nous avons trouvé inondé et qui au fond présente, paraît-il, du minerai riche.

La mine « Aguacate » paraît être sur le même filon que la mine précédente, un ensemble de trois galeries superposées communiquant par des puits, se termine par un puits également inondé et dans lequel se trouve, nous a-t-on dit, des sulfures gris de cuivre.

Sur un autre filon, sont ouvertes les mines « La Cruz » et « El Toro ». La mine « La Cruz » qui fut anciennement assez travaillée est actuellement inaccessible par suite d'éboulements et d'inondations; elle donnait de la chalcopyrite et des cuivres gris avec une teneur moyenne de 9 0/0 de cuivre. La mine « El Toro » également presque inaccessible pour les mêmes raisons donnait de 10 à 11 0/0 de cuivre; des minerais laissés à l'extérieur présentent dans du quartz et de la chlorite, du fer oligiste micacé, de la chalcopyrite et de la malachite.

L'opinion générale des indigènes est que ces deux dernières mines constituent le point le plus intéressant de la région où nous sommes.

Plus à l'est, il n'y a pas de traces d'anciens travaux; sur le filon « Cisne » de 2 m de large nous avons constaté au milieu de

granit dioritique une venue quartzeuse colorée par des oxydes de fer avec quelques indices de chalcopyrite et de carbonate de cuivre.

Le filon « Plateado » est une veine quartzeuse avec de la galène, des traces de blende et pas de traces de cuivre.

« Mendez » est un filon de faible puissance, de formation quartzeuse, ferreux avec des indices de carbonate de cuivre et de chalcosine.

La veine « Josefina » présente des mouches de chalcopyrite.

Le filon « Guayabo » au point dit « Obra de la Aurora » est bien dessiné et dans de la diorite montre une venue quartzeuse avec de la chalcopyrite et du carbonate de cuivre, c'est un endroit intéressant.

Le filon « Fenix », de formation analogue, contient surtout de la blende et des traces de chalcopyrite et de galène.

« El Olvido » est un filon quartzeux avec oxydes de fer et sans traces de cuivre.

Les filons « Cuerapa », « El Salitre », « La Estrella » ont, parait-il des indices de cuivre.

La région visitée, dans l'état actuel, présente un intérêt moindre que la concession d'Inguaran; il convient néanmoins de signaler que toute cette contrée incontestablement minéralisée peut avoir une grande valeur que seules des explorations pourraient indiquer. Il est probable que lorsque les gisements d'Inguaran seront mis en exploitation, des chercheurs au moyen de travaux méthodiques viendront nous renseigner sur cette valeur exacte; jusque-là cette zone intéressante n'est valable que spéculativement.

VI. — Santa Clara del Cobre.

Nos pérégrinations sont terminées dans l'État de Michoacan: sur notre chemin de retour, nous passons par « Santa Clara del Cobre », qui mérite quelques instants d'arrêt. Santa Clara a été longtemps la seule ville du Mexique traitant les minerais de cuivre pour en extraire le métal et manufacturer celui-ci. Les foires de Santa Clara étaient autrefois célèbres, et l'on y venait de fort loin pour acheter des « casos », sortes de marmites faites de cuivre martelé et dont la durée et la résis-

tance étonneraient singulièrement les produits laminés et emboutis de la fabrication moderne.

Le minerai venant des environs de Churumuco, Oropeo, Inguaran, concentrés à la main, étaient grillés, puis fondus dans des fours creusés dans la terre, le métal était affiné, puis travaillé exclusivement au marteau. Cette industrie a actuellement presque complètement disparu ; le chemin de fer arrivant à Patzcuaro à environ 15 km au nord de Santa Clara, a mis cette ville en communication avec les fonderies de l'intérieur et actuellement la Fonderie d'Aguascalientes absorbe tous les minerais de cuivre extraits en Michoacan.

A titre documentaire, nous signalons quelles sont les conditions d'achat des minerais de cuivre de Michoacan par la dite Fonderie (de la maison Guggenheim) : elle paie 90 0/0 du cuivre suivant cotisation publiée par *The Mining and Engineering Journal*, de New-York, moins 4,41 cents or par kilogramme de cuivre; elle paie tout l'or; elle paie 90 1/2 0/0 de l'argent; elle bonifie pour le fer, la silice, le soufre et charge pour l'arsenic, plomb, etc. Elle charge pour fret et accessoires de Patzcuaro à la Fonderie, par tonne 12 piastres pour les minerais contenant jusqu'à 10 0/0 de cuivre (le tarif de chemin de fer indique comme fret 6 piastres de Patzcuaro à Aguascalientes, pour les minerais de cuivre par wagon complet); si la teneur en cuivre augmente, le prix chargé par la Fonderie diminue et, pour une teneur de 40 à 45 0/0 elle ne charge rien ; pour une teneur de 45 à 50 0/0, la Fonderie alloue une bonification de 1 piastre par tonne et, pour une teneur supérieure à 50 0/0, la bonification est de 2 piastres par tonne de minerai.

VII. — **Coup d'œil d'ensemble.**

Embrassant maintenant d'un coup d'œil l'ensemble de nos investigations, nous signalerons le fait prédominant que presque toutes les manifestations cuprifères constatées sont liées à des venues andésitiques ; c'est une particularité digne de remarque, car la géogénie connue des gisements de cuivre place ceux-ci, d'une manière générale, au contact de roches basiques lourdes magnésiennes et ferrugineuses : diorites, diabases, etc. ; le ca-

ractère dioritique n'a été remarqué que dans les gisements d'Inguaran, de Mayapito et de la Ario Copper Company ; notons en passant que les deux premiers paraissent les plus riches en cuivre et que, d'ailleurs, l'andésite existe à Inguaran et que Mayapito présente des brèches andésitiques. On peut donc dire que le « caractère andésitique » des roches accompagnant les minerais de cuivre est bien la caractéristique dominante de la région parcourue.

Sauf au Boleo, où la présence de tuf volcanique andésitique a déjà été signalée, les grands gisements cuivreux connus en Amérique ne sont nullement liés à ce caractère.

Aux États-Unis, la région du Lac Supérieur contient le cuivre dans des couches alternatives de diabases, de grès et de conglomérants.

Dans la région des États du Sud, les filons cuprifères sont dans des schistes gneissiques ou métamorphiques, ou cristallins talqueux et micacés.

Dans l'État de Montana, les filons sont encaissés dans un granit dioritique.

Dans le Colorado, le cuivre existe dans une formation géologique où les granits, les diorites et quartzites dominent.

Dans l'Idaho, les filons coupent des schistes métamorphiques reposant sur des quartzites reposant eux-mêmes sur des granits.

Dans l'Arizona, c'est dans le calcaire carbonifère que sont encaissés les filons cuprifères qui, parfois, se trouvent également au contact de roches éruptives : granit, porphyre.

En Californie, les minerais de cuivre sont situés dans des roches feldspathiques.

Au Chili, les principaux gisements de cuivre sont situés dans des diorites ou dans des terrains secondaires stratifiés en relation avec des porphyres à augites.

Il est donc permis de croire qu'un nouveau chapitre pourra s'ajouter à la géogénie du cuivre, lorsque des exploitations s'installeront au sud de l'État de Michoacan.

Notre voyage, comme tous ceux du même genre, ne peut avoir la prétention de pouvoir signaler tout ce qui existe d'intéressant dans la région visitée, au point de vue où nous nous sommes placés ; les recherches dépendent, en effet, de pas mal de facteurs qui ne peuvent concourir constamment tous à la réussite du but poursuivi. Plusieurs de nos déplacements ont obéi à la recherche

de gisements rendus facilement fabuleux par la non moins facile imagination d'indigènes qui, comme preuves de leurs découvertes, nous montraient de magnifiques échantillons de ce qu'en leur langage imagé ils appelaient « metal verde ó azul » (minerai vert ou bleu), ou « metal aplomoso » (minerai au reflet métallique de plomb : sulfures gris de cuivre), ou « metal dorado » (minerai doré : chalcopyrite). Les filons signalés ne contenaient, hélas! que de la serpentine verte, de l'épidote, ou du fer oligiste ou de la pyrite de fer ; les échantillons, eux, provenaient de bonnes mines où les indicateurs, ouvriers mineurs en général, travaillaient de temps en temps. Ils étaient de bonne foi en croyant à l'existence du cuivre dans les endroits qu'ils avaient découverts, car leurs connaissances minéralogiques étaient moins que succinctes ; mais leur psychologie pour simple qu'elle fût, n'en était que plus pratique, puisqu'elle se traduisait par la présentation d'échantillons d'apparence générale identique à la formation de leurs prétendues découvertes.

Malgré tout, nous croyons qu'au point de vue pratique nous pouvons conclure par l'affirmation de la présence du cuivre dans la partie sud de l'État de Michoacan.

VIII. — **Voies de communication.**

Aucune exploitation formelle n'y existe ; la raison exclusive en est dans le manque de voies de communication ; examinons à ce point de vue l'avenir de l'État de Michoacan.

La loi du 29 avril 1899 sur les chemins de fer désigne, en seconde ligne comme voie d'intérêt général la plus utile au Mexique, la ligne de Mexico à un port de l'État de Guerrero ; cette ligne n'est encore que dessinée par un tronçon prolongeant la ligne de Mexico à Cuernavaca et qui, passant par Iguala, est actuellement arrêtée au Rio de las Balsas au lieu dit Las Balsas *(Pl. 161)*. Deux chemins s'offrent pour le prolongement de cette ligne : l'un par Chilpancingo, capitale de l'État de Guerrero, pour aboutir à Acapulco, c'est celui qui s'impose d'après l'examen d'une carte, mais il présenterait d'énormes difficultés, car il devrait traverser toute la Sierra Madre ; l'autre consiste à suivre la voie naturelle formée par la vallée du Rio de las Balsas et à venir déboucher à Zihuatanejo ; c'est certainement cette ligne qui se fera la première, d'autant plus qu'une autre ligne projetée emprunte une

grande partie de ce parcours ; cette autre ligne est celle qui relierait Toluca à Pungarabato et suivrait ensuite la vallée de las Balsas pour arriver à Zihuatanejo. Il est probable qu'un avenir prochain verra l'exécution de l'une de ces lignes si intéressantes pour la partie sud de l'État de Michoacan. Nous avons déjà signalé que l'une de ces lignes entraînerait la construction de l'embranchement d'Inguaran.

Ces lignes projetées, dont la construction serait la révélation des richesses des contrées parcourues, pourraient être mues électriquement, car les chutes d'eau abondent sur leurs parcours.

En dehors de ces lignes d'intérêt primordial pour notre sujet, signalons que l'État de Michoacan a accordé des concessions pour un chemin de fer de Irapuato à Morelia, Tacambaro et Ario et un autre de Tinguindin à Zitacuaro en passant par Uruapan, Ario et Tacambaro.

Nous ne pouvons enfin oublier de penser au Rio de las Balsas : actuellement, pendant la saison des pluies, de juillet à octobre, des péniches chargeant 4 t font le service entre Zirandaro et « Las Balsas » (la station terminus du Central). La navigabilité de ce fleuve a été étudiée en 1873, pour le compte du Gouvernement mexicain, par l'Ingénieur américain R. B. Gorsuch ; celui-ci observa, entre l'embouchure et Coyuca, une chute et 191 rapides distincts et parfaitement marqués, et de Coyuca à la limite de l'État de Michoacan, 35 autres rapides. Le rapport concluait qu'en vertu de ces rapides et de la pente très forte (de Coyuca à l'embouchure la pente moyenne est de 0,70 m par kilomètre) le Rio de las Balsas n'était nullement naviguable, ce que l'on croyait communément avant cette époque et que la navigabilité ne pouvait être obtenue artificiellement. Quoique ce qui paraissait impossible il y a une trentaine d'années pourrait rentrer aujourd'hui, grâce aux progrès de l'art de l'Ingénieur, dans le domaine de la possibilité, nous croyons préférable de ne pas faire état d'une navigabilité possible et nous laisserons le fleuve suivre son cours majestueux sans le sillonner de remorqueurs et de péniches.

Pourtant, nous pourrons en pensée l'utiliser, comme tous les cours d'eau de la région, à la production de force électrique (le Rio de las Balsas en temps sec a un débit qui ne baisse jamais dans la région visitée, à 100 m^3 par seconde, soit, par mètre de chute, une puissance théorique de plus de 1 300 ch). Cette électricité sera appliquée, comme il a été déjà dit, à la traction des che-

mins de fer ; son usage à l'exploitation mécanique des mines est tout indiqué et enfin elle pourra donner lieu à de grandes applications d'électrométallurgie cuprifère. Cette électrométallurgie est depuis cinq ans industriellement réalisée (voir la communication de M. Ch. Vattier du 19 juin 1903) et la région où nous avons promené le lecteur présente toutes les conditions nécessaires pour la réalisation d'une industrie de ce genre.

IX. — Situation économique générale du Mexique.

Nous terminerons cet exposé par quelques mots sur la situation économique générale du Mexique ; cette situation, dont nous avons parlé par ailleurs plus en détail (*Notes Économiques sur le Mexique*, publiées dans les *Bulletins technologiques de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers*, janvier et février 1907), se résume simplement par : progrès sur toutes les branches de l'activité contribuant au développement de la puissance d'un peuple.

Le Mexique, pays essentiellement minier qui produit environ 2 millions de kilogrammes d'argent annuellement, a vu la valeur de ses exportations minières passer de 63 millions de piastres en 1894-1895 à 160 millions en 1906-1907 (nous oublions volontairement le maximum 193 millions en 1905-1906, parce qu'il était dû à la grande exportation d'argent monnayé mexicain, conséquence de la hausse du métal argent après la réforme monétaire).

La législation minière est des plus simples : le sous-sol est indépendant de la propriété de la superficie ; quiconque, Mexicain ou étranger, moyennant le droit de 5 piastres par hectare, peut obtenir — après simple déclaration, publication de quatre mois destinée à la production d'ayant droits antérieurs, et exécution d'un plan par un ingénieur-géomètre — des titres miniers garantissant sa propriété ; aucune limite n'est fixée aux propriétés que l'on peut acquérir de cette façon, aucune enquête relative à la présence ou non de gîtes métallifères n'est faite, aucune obligation d'exploitation n'est imposée ; le titre minier n'est valable que pour un an, mais sa propriété se prolonge, au gré du détenteur, par le simple versement d'un droit annuel de 6 piastres par hectare pour les fonds miniers d'une superficie n'excédant

pas 25 ha et, pour ceux dépassant 25 ha d'un seul tenant, d'un droit de 6 piastres par hectare pour les 25 premiers et de 3 piastres par hectare pour le surplus.

C'est grâce à la libéralité et à la simplicité de cette loi que nombre de chercheurs parcourent le Mexique et que celui-ci voit chaque jour se développer les travaux destinés à arracher les richesses de son sol aujourd'hui à peine égratigné.

Ce sous-sol minéralisé ne constitue par la seule réserve de ce beau pays ; l'Agriculture y possède un avenir magnifique qui se développera surtout lorsque l'on sera arrivé à utiliser l'irrigation d'une façon rationnelle ; ce moment n'est pas encore arrivé, mais les exportations tant en produits animaux que végétaux n'en représentent pas moins, maintenant une valeur de 83 millions de piastres, alors qu'elles n'étaient que de 35 millions il y a dix ans.

Le mouvement commercial (importations et exportations) représenté, il y a dix ans, par 200 millions de piastres, a été en 1906-1907 de 481 millions.

Les chemins de fer, les travaux publics, les industries ont fait de prodigieux bonds en avant au Mexique, où ils étaient presque totalement inconnus il y a trente ans ; leur apparition a coïncidé avec le commencement de l'ère de prospérité qui a fait du Mexique turbulent de jadis le Mexique d'aujourd'hui.

Ce Mexique d'aujourd'hui est d'une vitalité remarquable ; il le prouve par la manière dont il a traversé la crise financière qui vient de secouer le monde entier, crise qui, quoique atténuée, n'est pas encore complètement terminée.

Voisin du grand peuple qui, fidèle à son système de faire toujours plus grand, vient de provoquer la plus grande crise financière qu'il ait jamais connue, on aurait pu croire que le Mexique allait subir un contre-coup terrible. Il n'en fut rien ; certes la contraction monétaire résultant du mauvais état des marchés étrangers, l'a géné, l'a obligé, par exemple, à reculer la consolidation générale des Chemins de fer, mais ne l'a pas paralysé ; si les Banques obligées de resserrer leurs crédits pour mieux garder leurs réserves métalliques ont dû restreindre un peu leur champ d'opérations, le Trésor public, dans l'exercice finissant le 30 juin 1907, accusait un excédent des recettes normales sur les dépenses normales de 34,33 0/0 des dépenses (recettes : $ 114 286 122,05, dépenses : $ 85 076 640,51), et, malgré un gros chiffre de dépenses extraordinaires affectées exclusivement à des travaux publics, le bénéfice net du Trésor a été supérieur à 13 millions de piastres.

Or cet exercice avait débuté comme mesures fiscales nouvelles par :

1° Une diminution d'impôts (réduction de 25 à 20 0/0 de la contribution fédérale) ;

2° Une augmentation d'appointements, salaires et soldes (de 10 à 20 0/0) pour certaines classes de fonctionnaires.

Commenter de telles mesures amenant un tel résultat serait en détruire l'effet ; eux seuls suffisent à témoigner de l'état économique remarquable du Mexique malgré la gêne du présent.

Nous finirons donc sur ces mots sans, comme des moralistes sévères, souligner qu'il y a peut-être là un exemple pour bien des vieux pays.

CHRONIQUE

N° 341

Sommaire. — Emploi des moteurs à pétrole pour l'irrigation. — Machines d'extraction électriques et machines d'extraction à vapeur. — Ponts à bascule aux États-Unis. — Élargissement du canal de Kiel. — Fabrication électro-chimique du phosphore. — Le canal de Manchester.

Emploi de moteurs à pétrole pour l'irrigation. — Dans certaines contrées, telles que l'Inde, où on a de longues périodes de sécheresse, il est nécessaire de recourir à l'irrigation artificielle, et comme la propriété y est généralement très divisée, cette irrigation doit s'effectuer par des moyens individuels et la question des méthodes à employer prend une importance particulière.

Aux États-Unis, on a souvent recours aux moulins à vent pour élever l'eau, soit pour l'irrigation, soit pour l'alimentation des bestiaux, mais cet emploi ne parait pas être vu avec faveur dans l'Inde, et on préfère d'autres moteurs, parmi lesquels le moteur à pétrole prend la tête. Cette question présenta un tel intérêt que le Gouvernement de Madras a fait exécuter une série d'expériences avec des moteurs de ce genre. Les résultats en sont donnés dans un rapport de M. Alfred Chatterton, du Collège of Engineering, de Madras, rapport dont nous trouvons un résumé dans l'*Engineering*.

L'objet de ces expériences était :

1° De déterminer le coût de l'élévation de l'eau dans diverses conditions ;

2° De constater l'effet utile de l'eau dans des conditions variées, selon le sol, la nature des récoltes, avec l'arrosage artificiel, la pluie, etc. ;

3° De déterminer la quantité d'eau pouvant être fournie pendant le cours d'une année par différentes sources, telles que puits, rigoles, réservoirs, étangs naturels, etc. ;

4° De faire voir qu'avec un système de culture intensive, il y avait avantage à recourir à l'irrigation par moyens mécaniques pour l'arrosage d'étendues de terrains relativement faibles ;

5° Enfin, d'étudier la répartition des eaux souterraines dans les diverses parties de la Présidence de Madras et de rechercher si on ne pourrait pas utiliser ces eaux plus largement qu'on ne l'a fait jusqu'ici. Le point n° 1 est seul étudié ici.

Le choix pour le moteur s'est arrêté sur le modèle Hornsby-Ackroyd,

qui était à l'époque le seul satisfaisant aux conditions imposées, dont la principale était l'emploi comme combustible de résidus de la distillation fractionnées de pétrole brut. Aujourd'hui, il n'en serait plus de même.

L'huile employée provenait de Bornéo et pouvait être obtenue à Madras au prix de 2 pence le gallon, ce qui équivaut très approximativement à 4,3 c le litre.

On a trouvé en pratique qu'une pinte, soit 0,568 l, donnait un cheval-heure mesuré au frein.

Cette huile présente le désavantage d'encrasser le vaporisateur, qu'il faut nettoyer à peu près toutes les douze heures, lorsque le moteur marche d'une manière continue. Mais cet inconvénient est compensé dans une large mesure par le bas prix de l'huile qui peut être obtenue sur le lieu de consommation à raison de 7 c au plus le litre, alors que le prix de la kérosène serait de 11 à 13 c le litre selon la qualité, soit 60 à 80 0/0 de plus.

Quant aux dépenses de surveillance et d'entretien de ces moteurs, les conditions varient naturellement d'un endroit à l'autre et sont, en tout cas, assez différentes de ce qu'elles seraient en Angleterre, car si la main-d'œuvre est bien moins coûteuse dans l'Inde, les dépenses de réparations y sont plus élevées On ne voit cependant pas de raisons sérieuses pour cette dernière augmentation ; si ce n'est que les indigènes sont peu aptes à surveiller d'une manière attentive le fonctionnement d'un moteur et laissent s'aggraver un dérangement facile à corriger au début, on serait donc conduit à admettre que la main-d'œuvre, trop bon marché en apparence, finit par coûter très cher. On a cependant constaté dans quelques stations de pompage que le coût élevé de la marche des moteurs ne tenait pas toujours au défaut de surveillance, mais souvent à la surcharge des machines.

La partie la plus délicate dans ces moteurs est le vaporisateur qui exige beaucoup de soin ; les plaques de pulvérisation doivent être fréquemment remplacées ; ce n'est pas la valeur de la matière, mais le temps passé à faire des trous, qui entraine une dépense assez forte.

Une dépense égale à 9 0/0 de la valeur du moteur devrait être suffisante pour couvrir l'entretien annuel, dans les conditions où les moteurs fonctionnent dans l'Inde.

Le Gouvernement de Madras vient en aide à l'agriculture en prêtant les capitaux nécessaires à l'établissement de ces stations de pompage, moyennant un intérêt de 5 0/0.

Nous prendrons comme type une installation comportant un moteur de 7,5 ch, actionnant une pompe à piston de 0,102 m de diamètre, élevant l'eau à 7,50 m. Le débit sera de 80 000 l à l'heure et on pourra compter sur douze heures de marche par jour. D'après M. Chatterton, cette installation, moteur et pompe, coûte 5 000 f à Madras, à quoi il faut ajouter 2 500 f pour le transport sur place, montage, etc., total, 7 500 f. On comptera l'intérêt et la dépréciation à raison de 10 0/0 et les réparations à 5 0/0, ce qui donne un total par an de 1 825 f ou 8,75 f par jour. La quantité d'huile dépensée sera de 3/4 l par heure, soit 41 l par jour.

La dépense totale par jour s'établira donc comme suit :

Huile, 41 l à 7 c	2,87 f
Conducteur à 40 f par mois.	1,33
Allumage, graissage, etc.	2,00
Intérêt et dépréciation, 10 0/0	2,08
Réparations, 5 0/0	1,04
Total.	9,32 f

On a admis que l'installation fonctionnait tous les jours de l'année : s'il en était autrement, le prix serait plus élevé ; ainsi, pour 200 jours seulement, on trouverait 12,90 f. On a vu précédemment que la quantité d'eau élevée était de 80 m³ à l'heure, soit 960 par jour, à la hauteur de 7,50 m, ce qui représente un travail de 7 200 000 kg élevés à 1 m. Si on compare ces résultats avec ceux obtenus dans des expériences faites il y a quelques années dans une ferme à Madras avec la force animale, on trouve que, dans ce cas, on élevait 2 400 l à 1 m de hauteur pour 1 c, mais aujourd'hui, il faudrait compter seulement 1 500 l. Or, on a trouvé qu'avec le moteur à pétrole, on élevait 7 200 000 l à 1 m pour une dépense de 9,32 à 12,90 f, ce qui donne les chiffres de 7 700 à 5 500 l à 1 m pour 1 c. On voit donc que le coût de l'élévation mécanique est le tiers ou la moitié de celui résultant de l'emploi de la force animale, même dans les conditions les plus défavorables pour la première.

Si on présente la question sous un autre côté, on trouve que la dépense annuelle pour envoyer 1 m d'eau sur un hectare de terrain varie pour l'élévation mécanique de 400 à 500 f environ, suivant que l'installation fonctionne toute l'année ou seulement 200 jours par an.

Les chiffres absolus varient légèrement suivant les stations d'élévation, mais ce que nous venons de dire suffit pour montrer les avantages que l'on peut retirer pour l'irrigation des moteurs à pétrole, qu'on peut dès lors raisonnablement s'attendre à voir prendre un grand développement dans l'Inde et dans les pays placés dans des conditions analogues.

Pendant que nous écrivions cette note, le hasard nous a fait tomber sur un travail paru dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* de 1845 et intitulé « Mémoire sur l'application des machines à l'irrigation, par Saint-Prence ». On y trouve les prix de revient d'un mètre cube d'eau élevé à 1 m de hauteur avec machines à vapeur de diverses puissances et moteurs animaux. Il nous a paru intéressant d'établir une comparaison entre ces chiffres et ceux que nous avons donnés pour l'Inde. Ces derniers équivalent à une dépense de 0,13 à 0,18 f par mètre cube à 1 m pour le moteur à pétrole, et 0,40 f pour la force animale (bœufs). Les chiffres de la Société d'Encouragement sont de 0,20 à 0,32 f pour machine à vapeur en France, et 0,30 à 0,60 f pour l'Algérie, et 0,50 à 0,55 f pour la force animale (chevaux). De plus, il est indiqué que le prix avec moteurs à vent serait seulement de 0,04 à 0,07 f pour la même unité, suivant que le moteur fonctionnerait l'année entière ou seulement six mois par an.

Machines d'extraction électriques et machines d'extraction à vapeur. — Nous avons dit quelques mots de l'application de l'électricité aux machines d'extraction dans la Chronique d'Avril 1907, page 611. Nous croyons intéressant de donner ici quelques bases d'appréciation sur la question de la comparaison au point de vue économique entre les machines d'extraction électriques et les machines d'extraction à vapeur, d'après des données extraites de la revue allemande *Gluck Auf* et commentées dans une étude de M. Albert Gouaut, parue dans le Bulletin de l'*Union des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Louvain.*

Les machines d'extraction électriques sont surtout représentées par deux types très différents, mais dont le premier cède actuellement de plus en plus la place au second.

Le premier type est celui où un moteur à courant triphasé, calé sur l'arbre des bobines, reçoit directement le courant de la centrale.

Les variations de vitesse s'obtiennent en insérant des résistances variables dans le circuit de l'induit.

Le second type, déjà très répandu aujourd'hui, est le système Ilgner. Ici, le courant venant de la centrale n'arrive pas directement au moteur d'extraction. Le courant généralement triphasé actionne le moteur d'un transformateur rotatif pourvu d'un volant. La dynamo du groupe transformateur livre du courant continu qui va à son tour actionner le moteur d'extraction. Le but du volant est d'emmagasiner pendant les pauses de l'énergie qu'il cèdera au commencement de la cordée suivante et par conséquent de rendre sensiblement constante l'énergie soutirée à la centrale.

Le premier système, qui emploie directement le courant triphasé dans le moteur d'extraction, parait moins coûteux que le second, qui exige un groupe transformateur avec volant. Mais il n'est pas tout moins coûteux d'installation, car à la centrale, le système Ilgner ne demande qu'une génératrice et une machine à vapeur capable de fournir l'énergie moyenne réclamée par le moteur d'extraction. C'est le volant qui fournit le surplus nécessaire à l'enlevage, tandis que, dans le premier système, la centrale doit être conditionnée pour livrer directement ce surplus d'énergie nécessaire au commencement de chaque cordée. D'où génératrice plus puissante, machine à vapeur et chaudières en rapport et coût plus élevé.

Le résultat économique, en pratique courante, peut être évalué au moyen d'essais ayant porté sur les quatre machines d'extraction suivantes :

1° La machine d'extraction à courant triphasé installée par l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, au siège Preussen II, près de Bochum;

2° La machine d'extraction système Ilgner, installée par la même maison au siège de la Gewerkschaft Wintershall, à Heringen;

3° La machine d'extraction Lahmeyer, aux mines de Ligny-les-Aires (Pas-de-Calais);

4° La machine d'extraction à vapeur installée par la Société Friedrich Wilhelm Hütte, au charbonnage Werne, en Westphalie.

Les essais de ces quatre machines ont été faits indépendamment ou

sans aucun but de comparaison ; elles actionnent toutes des poulies Koepe, avec câble d'équilibre, de sorte que le moteur d'extraction n'a que la charge utile à élever et différents frottements à vaincre.

Machine d'extraction électrique du siège Preussen II. — Ces essais ont eu lieu la machine étant déjà en fonction depuis un an. Le moteur électrique, qui attaque directement une poulie Koepe de 6 m de diamètre, reçoit directement le courant alternatif à 2 000 volts que fournit la centrale.

La machine à vapeur de la centrale fut essayée en faisant travailler la génératrice sur les résistances. On notait le courant développé de neuf en neuf minutes et l'on prenait des diagrammes toutes les dix minutes.

La consommation de vapeur fut déterminée en recueillant l'eau condensée dans un condenseur à surface. La moyenne des essais donna une consommation de 6,71 kg de vapeur par cheval indiqué et par heure. La machine d'extraction servit à élever une charge utile de 2 200 kg de 560 m de profondeur, avec une vitesse maxima de 16 m par seconde. La puissance théorique nécessaire pour élever la charge utile est par course de

$$\frac{2\,200 \times 560}{79 \times 3\,600} = 4{,}56 \text{ cheval-heure ou } 3{,}356 \text{ kilowatts-heure.}$$

Le wattmètre enregistreur monté sur le câble amenant le courant à la machine d'extraction indiquait 7,1 kilowatts-heure, et la machine à vapeur de la centrale indiquait après calculs 11,42 cheval-heure.

On a vu que la consommation de vapeur par cheval indiqué-heure s'élevait à 6,71 kg. La consommation par course et par heure est donc :

6,71 × 11,42 = 76,63 kg de vapeur, et la consommation par cheval effectif dans le puits et par heure se monte à

$$\frac{76{,}63}{4{,}56} = 16{,}8 \text{ kg de vapeur.}$$

La machine est construite pour 700 m de profondeur. On compte qu'elle consommera alors 15,41 kg de vapeur par cheval effectif dans le puits et par heure.

Ces résultats ont été obtenus pendant le poste du jour. Pour une période de vingt-quatre heures, la consommation serait naturellement supérieure, car entrent alors en ligne de compte des arrêts plus longs.

Machine d'extraction électrique de la Gewerkschaft Wintershall, à Heringen. — La machine est du système Ilgner. Le courant triphasé sous 550 volts venant de la centrale actionne le moteur à courant triphasé du groupe volant. Le moteur a une puissance de 250 ch. Calée sur le même arbre que ce moteur et que le volant se trouve la génératrice à courant continu qui livre directement le courant continu sous 220 volts au moteur d'extraction. Ce moteur actionne une poulie Koepe de 4,20 m de diamètre. Il doit élever une charge utile de 1 800 kg de 441 m de profondeur, avec une vitesse maxima de 8 m par seconde.

L'essai a duré huit heures d'extraction normale, c'est-à-dire que, pen-

dant ces huit heures, on a extrait par course 1 800 kg de charge utile. Pendant ce temps, on a mesuré combien il est entré de courant dans le bâtiment de la machine, donc juste avant le moteur triphasé. Cette énergie comprend donc l'énergie nécessaire pour élever la charge utile et de plus toutes les pertes dues à la transformation du triphasé en réaction, dues à l'excitation, aux rendements des différents appareils électriques et aux frottements dans le puits.

L'énergie dépensée se monte à 5,77 ch par course et par heure.

Théoriquement, pour élever 1 800 kg de 441 m de profondeur, on a besoin par course de $\frac{1\,800 \times 441}{7\,600 \times 74} = 2,94$ cheval-heure.

Le rendement de l'appareil d'extraction est donc de $\frac{2,94}{5,77} = 0,51$.

Il est à noter que le rendement de la centrale n'est pas encore compris dans ce chiffre. Le total des pertes de l'appareil d'extraction propre se monte donc par course à 5,77 — 2,94 = 2,83 cheval-heure.

Quant à la répartition des pertes entre les divers organes de l'appareil d'extraction, la voici : on dispose, mesurée sur l'arbre du moteur d'extraction, d'une puissance effective de 3,57 cheval-heure. Comme la charge utile à élever dans le puits ne réclame que 2,94 cheval-heure, il y a donc pour le frottement dans le puits, la rigidité du câble, les frottements de la machine d'extraction, une perte de 3,57 — 2,94 = 0,63 cheval-heure.

L'énergie livrée au moteur d'extraction par course se monte à 4,12 cheval-heure. L'énergie recueillie sur l'arbre se monte à 3,57 cheval-heure. De sorte que la perte dans le moteur d'extraction se monte à 4,12 — 3,57 = 0,55 cheval-heure.

Quant au groupe volant, l'énergie qu'il reçoit par course se montant à 5,77 cheval-heure et l'énergie qu'il livre au moteur d'extraction se montant à 4,12 cheval-heure, la perte, dans ce groupe, s'élève à 5,77 — 4,15 = 1,63 cheval-heure.

Pendant le poste de nuit, le nombre des courses est réduit de moitié, de sorte que, le volant devant tourner à vide, le rendement pendant ce temps tombe à 0,477. Une moyenne entre 0,51 et 0,477 donne 0,493. Ce n'est pas tout. A la centrale, la formation de l'électricité a été aussi accompagnée d'une perte.

A Heringen, le courant était fourni par des alternateurs actionnés par des turbines hydrauliques. Des essais ont montré que l'on pouvait admettre 93 0/0 comme rendement de ces alternateurs à pleine charge. Faisant intervenir ce rendement de 93 0/0 dans le rendement de 49,3 0/0 de l'appareil d'extraction, nous obtenons un rendement total de 45,8 0/0.

Pour pouvoir établir une comparaison avec les autres essais, admettons que dans ce cas aussi les alternateurs de la centrale soient actionnés par des machines à vapeur et que ces machines consomment 7 kg de vapeur par cheval-effectif-heure livré à l'arbre de la dynamo. Cette consommation de 7 kg est très favorable pour des machines de puissance moyenne.

Que signifie le rendement de 49,8 0/0 trouvé plus haut ? Il signifie que chaque fois que l'on a besoin dans le puits de 0,458 cheval pour élever du charbon, il faut que la machine à vapeur de la centrale fournisse un cheval effectif à l'arbre de la dynamo, ou, en d'autres termes, quand on a besoin d'un cheval dans le puits, la machine à vapeur doit fournir 2,18 chevaux effectifs.

Nous avons pour la machine à vapeur une consommation de 7 kg de vapeur par cheval effectif et par heure. Par cheval effectif, dans le puits, nous aurons donc une consommation de vapeur de $2,18 \times 7 = 15,26$ kg par heure. *(A suivre.)*

Ponts à bascule aux États-Unis. — Il a été construit tout récemment, aux États-Unis, un pont à bascule de grandes dimensions, qui présente un intérêt tout spécial en ce qu'on a eu recours dans son établissement à une vieille solution probablement oubliée depuis longtemps et qui, en tout cas, n'avait jamais reçu d'application importante.

Ce pont est construit sur la rivière Sakonet, entre les villes de Portsmouth et de Tiverton, dans l'état de Rhode Island ; il remplace un pont en maçonnerie fortement endommagé par des crues. Comme la rivière est navigable, on a dû prévoir une travée mobile pour le passage des bateaux.

La longueur totale de l'ouvrage est de 447,80 m, y compris deux approches de 157,90 et 133,90 m. Le pont proprement dit a 155,70 m et est formé d'une travée mobile de 30,50 m flanquée de chaque côté d'une travée fixe de 21,50 m et de trois arches en maçonnerie de 13,70 m. La chaussée est en rampe de chaque côté jusqu'au milieu ; elle a 9,65 m de largeur et il y a sur un bord un trottoir en encorbellement de 1,52 m de largeur. Il y a sous le tablier une hauteur libre de 3,95 m au-dessus des hautes marées. Les piles qui bordent la travée mobile ont été descendues à une profondeur de 9 m et reposent sur des pilotis.

La partie métallique pèse environ 390 000 kg, elle est calculée pour une charge mobile de 500 kg par mètre carré de chaussée et de trottoir, augmentée d'un car électrique pesant 36 000 kg, porté sur quatre essieux distants de 1,83 m ou d'un rouleau à cylindrer à vapeur de 7 000 kg.

La partie la plus intéressante de la construction est le système de la travée basculante. Cette travée se compose de deux poutres oscillant sur des charnières fixées à leur extrémité extérieure, de manière à se lever pour ouvrir le passage. Chacune de ces poutres est articulée près de son extrémité intérieure à une tige oblique, dont l'extrémité est fixée à un chariot à galets roulant sur une courbe d'une forme particulière ; le chariot porte un contrepoids convenablement calculé et le tracé de la courbe est tel que la travée basculante soit en équilibre dans toutes les positions. On reconnait immédiatement ici le système proposé, il y a environ quatre-vingt ans, par le capitaine du génie Delille, pour être appliqué à des ponts-levis de places fortes. On sait que le capitaine Delille est un des inventeurs de l'hélice qu'il a proposée et même essayée plusieurs années avant Sauvage ; mais on voit bien rarement citer son nom à ce sujet.

Le chariot contenant dans une caisse le contrepoids formé de béton est

porté sur quatre roues de 1,25 m de diamètre qui roulent sur des chemins en tôle formant la partie supérieure des courbes et sont guidées latéralement par une tôle verticale. Chaque chariot est mû par un moteur électrique; la caisse contenant le contrepoids en béton a 3,30 m de longueur sur 1,52 m de hauteur et toute la largeur du pont. Le chariot est muni d'un appareil de manœuvre à bras pour le cas où le moteur électrique viendrait à faire défaut. L'ouverture ou la fermeture de la partie mobile ne demandent que deux minutes.

Les articulations sur lesquelles basculent les travées mobiles se composent d'axes de 0,254 m de diamètre portant sur une longueur de 0,556 m dans une pièce fixée à la poutre et dépassant de 0,304 m de chaque côté pour entrer dans les trous des supports fixés aux travées latérales.

Les barres qui relient les travées mobiles au chariot du contrepoids sont articulées aux extrémités de ces travées par des axes de 0,33 m de diamètre et de 1,25 m de longueur, portant sur les coussinets de la travée sur une longueur de 0,715 m. Les barres dont nous parlons ont une longueur de 33,10 m d'axe en axe des articulations; elles ont une section transversale en double T dont la plus grande dimension varie de 0,61 m au milieu à 0,432 m aux extrémités; ces dernières sont formées de pièces en acier coulé portant un trou pour le passage des axes d'articulation.

Le montage de la partie mobile a été opéré à l'aide d'une puissante grue flottante. On a éprouvé d'assez grandes difficultés de la part des courants produits par les marées.

L'ouvrage est actuellement terminé; le prix à forfait du contrat était de 1 300 000 f.

La portée de la partie mobile du pont dont nous venons de parler, 30,50 m, est déjà assez importante; elle n'approche pourtant pas de celle d'un pont à bascule qui vient d'être établi pour le passage du Baltimore Ohio Railroad, sur la « Old River Bed », branche de la rivière Cuyahoya, à Cleveland (Ohio). Il est vrai que cette ouverture est, paraît-il, la plus grande qui existe au monde; elle atteint 64,50 m et est franchie par une seule volée.

Ce pont est du système Scherzer, dont nous avons dit quelques mots dans la Chronique d'avril 1905, page 591, et que nous indiquions comme dérivant du système Lamblardie, appliqué au Havre en 1825. La partie mobile se termine inférieurement par un segment en quart de cercle qui roule sur un plan horizontal pendant que la travée s'incline.

Les poutres principales ont 70,15 m de longueur, la largeur du tablier est de 6,10 m de centre en centre des poutres; celles-ci, placées en garde-corps, sont contreventées à la partie supérieure en laissant une hauteur libre de passage de 6,70 m. L'équilibre est obtenu dans toutes les positions du pont au moyen de contrepoids en béton placés dans des caisses sous les extrémités de chaque poutre.

La manœuvre est opérée par deux moteurs électriques de 75 ch chacun agissant par engrenages sur un arbre commandant des pignons en rapport avec des crémaillères fixes placées en dehors des poutres.

Le mécanicien chargé de la manœuvre se tient dans une cabine qui

contient des appareils indiquant toutes les positions des poutres; à chaque extrémité du pont sont disposés des signaux reliés, ainsi que les aiguilles, aux organes de manœuvre; de sorte que celle-ci ne peut avoir lieu sans que les signaux soient mis au danger et les changements de voie effectués de manière qu'il soit impossible à un train de s'engager sur le pont s'il est ouvert.

Les piles sont en béton fondées sur pilotis.

Élargissement du canal de Kiel. — Le Gouvernement allemand a récemment décidé l'élargissement et la transformation du canal de Kiel ou canal Empereur-Guillaume; ce canal, dont l'achèvement date de quelques années seulement, est déjà arrivé à son maximum de rendement et sa transformation s'impose si on veut le mettre en harmonie avec les nécessités du trafic et l'accroissement du tirant d'eau des navires modernes.

Un premier crédit de 15 millions de marks a déjà été voté par le Reichstag en vue de procéder aux expropriations nécessaires et d'élaborer les projets de détails des travaux. Nous extrayons des *Annales des Travaux Publics de Belgique* les renseignements suivants relatifs à ces importants travaux.

Les écluses seront aménagées en vue du passage de navires de 300 m de longueur et mesurent 45 m de largeur et 330 m de longueur entre les buscs; leur mouillage sera de 13,75 m sous le niveau de flottaison moyen du canal, ce qui correspondra à un mouillage minimum de 12 m en temps de flottaison minima. La grande largeur prévue pour les écluses peut paraître exagérée, mais l'on admet généralement que cette dimension des navires est susceptible de prendre plus d'extension relative que les autres et l'on a envisagé, en outre, les dépenses considérables auxquelles donnerait lieu l'agrandissement ultérieur des écluses si les prévisions admises étaient insuffisantes plus tard.

Le nouveau profil transversal du canal présentera 44 m de largeur au plafond pour 11 m de mouillage sous niveau de flottaison moyen; sa largeur, à ce dernier niveau qui est actuellement de 67 m, sera portée ainsi à 101,75 m et sa section mouillée de 413 m^2 à 825. Ce nouveau profil pourra d'ailleurs être majoré dans la suite, si le besoin s'en fait sentir et son mouillage porté à 13,50 m ou 14 m sans conduire à des dépenses excessives.

Le canal conservera en plan son tracé actuel; ce dernier sera toutefois modifié en deux points où les courbes existantes de 1 200 m de rayon ont été jugées insuffisantes et dangereuses pour le transit des grands vapeurs modernes. Le rayon minimum des courbes sera de 1 800 m.

Le nombre des garages sera augmenté et leur entre-distance réduite approximativement à 10 km; cet écartement paraît assez réduit pour assurer la sécurité et l'accélération du transit, quoiqu'il soit supérieur à celui qui a été adopté pour certains canaux maritimes et notamment pour le canal de Suez, où les garages sont établis à une distance d'environ 5 km les uns des autres.

Le canal aura 134 m de largeur au plafond et 190 m de largeur au

niveau de flottaison au droit des garages; quatre de ceux-ci seront aménagés en gares de virement avec bassin d'évolution de 300 m de diamètre au niveau du plafond; leur longueur sera de 1 100 m et leur largeur respectivement de 164 et 220 m au niveau du plafond et au niveau de flottaison.

La hauteur libre des deux viaducs qui franchissent le canal est de 42 m au-dessus de la flottaison et leur largeur libre respectivement de 74 et 38 m; la voie navigable passera en alignement droit sous le second de ces ouvrages et la largeur de 38 m, estimée suffisante, y sera maintenue.

Deux ponts tournants livrant passage à des voies ferrées seront supprimés et remplacés par des viaducs de hauteur libre suffisante afin de faire disparaître les entraves causées à la navigation pendant la fermeture de ces ouvrages; il en sera de même d'un pont route.

Deux autres ponts tournants moins importants et dont la manœuvre est subordonnée aux exigences du trafic du canal seront reconstruits comme ponts mobiles.

Le projet prévoit également la création d'un nouveau port de commerce pour la ville de Kiel.

Le devis estimatif des travaux à exécuter s'élève à 221 millions de marks; ce montant comprend 80 millions de marks pour les terrassements et dragages, 4 700 000 pour la consolidation des talus, 68 millions pour l'établissement complet des deux nouvelles écluses de Brunsbuttel et de Holtenau et 37 millions pour la reconstruction d'ouvrages d'art pour routes et lignes de chemins de fer franchissant la voie navigable.

La majoration des dépenses d'exploitation, après complet achèvement des travaux, a été estimée globalement à la somme de 400 000 marks par an. Les travaux d'exécution dureront de sept à huit ans.

Fabrication électro-chimique du phosphore. — Il y a déjà assez longtemps qu'on obtient le phosphore par voie électro-chimique et l'emploi de ces procédés se développe de plus en plus et tend à se substituer à celui des méthodes purement chimiques.

Le premier procédé fut celui de Parker, Robinson et Readmann, qui remonte à 1893; il a été récemment considérablement amélioré.

Tout en conservant le principe, on a introduit une importante modification dans la fabrication et dans les appareils, grâce à la *Electrical Reduction Company*, qui est devenue propriétaire de tous les brevets. Cette Société produit actuellement un phosphore de couleur jaune pâle qu'elle livre à un prix assez bas pour que le phosphore produit par les procédés chimiques ne puisse pas soutenir la concurrence.

La méthode employée n'est pas autre chose que l'ancien procédé indiqué par Wohler, il n'y a de nouveau que l'application de la voie électro-chimique. On emploie les phosphates naturels qu'on désagrège par l'acide sulfurique et qu'on réduit ensuite en poudre fine; on les mélange avec du charbon et du sable et on soumet la matière à l'action d'un courant électrique dans un petit four, entre deux électrodes de charbon. Ce four n'a rien de particulier. Le phosphore distille et est

recueilli dans un récipient en cuivre. On peut obtenir ainsi jusqu'à 86 0/0 du phosphore contenu dans le phosphate employé.

Ce procédé présente l'inconvénient d'exiger, après chaque opération, l'enlèvement des résidus dans les récipients où s'opère la décomposition et leur remplacement par de nouvelle matière première à traiter. C'est une objection assez sérieuse.

L. Dill a cherché à rendre continue la préparation de phosphore en introduisant dans les appareils de décomposition la matière neuve sans avoir besoin d'enlever les résidus. Il emploie de l'acide phosphorique libre auquel il ajoute du charbon de bois ou même du coke pour rendre la réaction plus régulière. Ces deux substances mélangées ne donnent à l'électrolyse que peu ou pas de résidus.

Les avantages, par rapport à la méthode précédente, consistent en une économie sérieuse de main-d'œuvre, de travail, de chaleur et de matière, un meilleur rendement et une absence complète de danger.

L'application du procédé se fait au moyen d'un récipient en porcelaine où s'effectue l'électrolyse ; le fond est formé d'une électrode en charbon ; l'électrode supérieure a sa distance réglée par une vis et un volant, elle traverse le couvercle du récipient à frottement doux.

Voici comment on opère : l'acide phosphorique en dissolution, marquant 60 à 70 degrés Baumé, est mélangé avec du charbon grossièrement pulvérisé dans les proportions de 1 à 4 ou 5 en poids ; on introduit ce mélange dans le récipient et on le soumet à l'électrolyse.

On opère dans de bonnes conditions avec un courant de 120 volts à une intensité de 80 à 100 ampères. Quand la plus grande partie de l'acide phosphorique est décomposée, on interrompt un instant le courant pour introduire une nouvelle quantité d'acide phosphorique. La marche est continue et on n'a besoin ni de démonter l'appareil, ni de le vider.

Cette méthode présente, toutefois, un inconvénient : par suite de l'ébullition violente qui accompagne la réaction, le charbon en poudre passe en forte proportion avec les vapeurs de phosphore au condenseur et rend impur le phosphore obtenu, il faut donc séparer ces poussières. De plus, par l'effet de la localisation de la chaleur, les parois du récipient se trouvent fortement attaquées, les charbons subissent une forte usure et la réaction, qui est très violente à la surface, s'effectue beaucoup plus lentement à l'intérieur de la masse.

Pour ces raisons, la *Electrical Reduction Company* évite, en général, la production de l'arc voltaïque dans ses appareils et se borne à employer la radiation de la chaleur produite par une résistance électrique. On évite ainsi, d'une part, la production d'une ébullition tumultueuse et, de l'autre, l'entrainement du charbon pulvérulent avec les vapeurs de phosphore et les inconvénients qui en résultent ; on n'est pas obligé de soumettre le phosphore obtenu à une épuration ultérieure.

On emploie un four à parois réfractaires, sur les côtés latéraux duquel sont placés des blocs de charbon mis en communication ensemble par une tige de graphite. Le mélange à traiter est placé sur la sole du four, qui porte une ouverture latérale pour l'extraction des résidus ; les vapeurs de phosphore sortent par un tube latéral qui les conduit au condenseur.

Lorsque le chargement est fait, on fait passer à travers la tige de

graphite un courant d'intensité suffisante pour que la tige de graphite formant résistance soit portée au rouge. Le calorique qu'elle émet, tant par la radiation directe que par la réverbération des parois du four, est suffisant pour déterminer la réaction et produire la volatilisation du phosphore.

Bien que la tige de graphite soit portée au rouge par suite de la résistance qu'elle offre au passage du courant, elle n'éprouve aucune usure et sa durée peut être considérée comme illimitée. La chaleur est uniforme dans toute l'étendue du four. On obtient la totalité du phosphore contenu dans le mélange soumis au traitement. On emploie le même procédé pour l'épuration par distillation du phosphore produit.

La méthode la plus récente basée sur l'emploi de l'électricité est celle de F. J. Machalske, appliquée par l'*Anglo-American Company* dans une usine de Long-Island, près de New-York. Elle est particulièrement intéressante en ce qu'elle permet d'obtenir du phosphore jaune et du phosphore rouge et cela à un prix très bas. Il faut dire que, dans cette localité, on dispose de force hydraulique pour la production du courant.

Le procédé Machalske diffère entièrement des précédents. On emploie comme matières premières les phosphates, mais au lieu d'y ajouter du sable et du charbon, on les mélange avec des composés chlorurés. On obtient ainsi au four électrique du chlorure de phosphore, lequel se décompose immédiatement en mettant le phosphore en liberté et laissant comme résidu du chlorure de calcium (la chaux provenant du phosphate de chaux employé). Ce résidu peut être mis tel quel dans le commerce ou employé à la préparation de l'acide chlorhydrique. On peut également obtenir à part le chlorure de phosphore et en tirer l'acide phosphorique en le mettant en présence de l'eau. En somme, le procédé Machalske est susceptible d'un certain nombre de variantes et on peut obtenir divers produits accessoires qui tendent à réduire le prix du phosphore. Nous avons déjà signalé l'intérêt qu'il présente par la production à volonté du phosphore jaune et du phosphore rouge.

Le four Machalske est formé d'une petite chambre de réaction avec trou de coulée à la partie inférieure, sur le côté ; les parois, le fond et le couvercle sont en magnésie calcinée recouverte extérieurement d'argile réfractaire et de briques. Les électrodes en charbon, de 10 cm de diamètre, sont disposés verticalement. Leur écartement peut être réglé suivant les besoins. Le chargement se fait par la partie supérieure. Les vapeurs de phosphore sortent par un conduit latéral à la partie supérieure de la chambre de réaction et passent au condenseur. On peut traiter en un quart d'heure environ 40 kg de phosphates.

Le coût de production du phosphore, en comptant l'énergie à 3 centimes le cheval-heure (prix à Long-Island), n'est que de 15 centimes le kilogramme. Le procédé est continu et fonctionne sans interruption nuit et jour. Nous reproduisons ces renseignements de l'*Industria*.

Le canal de Manchester. — Le canal de Manchester progresse tous les ans dans le sens du succès commercial.

Les rapports officiels pour l'année qui a fini le 31 décembre 1907 indiquent que le poids total des marchandises sujettes aux droits qui ont

traversé le canal durant le second semestre de 1907 a été le plus élevé constaté jusqu'ici, savoir : 2 806 967 t, contre 2 457 788 t pour le semestre correspondant de 1906, ce qui représente une augmentation de 14,2 0/0.

Nous donnons dans le tableau ci-joint les chiffres du trafic en marchandises pendant les quatorze années d'exploitation du canal :

Années.	Trafic par Navires de mer.	Trafic par Bateaux de rivière.	Total.
1894. . . .	635 158	239 501	925 659
1895. . . .	1 037 493	271 432	1 358 875
1896. . . .	1 509 658	316 579	1 826 237
1897. . . .	1 700 479	365 336	2 065 815
1898. . . .	2 218 005	377 580	2 595 585
1899. . . .	2 439 168	348 940	2 778 108
1900. . . .	2 784 843	275 673	3 060 516
1901. . . .	2 684 833	257 560	2 942 393
1902. . . .	3 137 348	280 711	3 418 059
1903. . . .	3 594 636	292 259	3 845 895
1904. . . .	3 618 004	299 374	3 917 378
1905. . . .	3 993 110	260 244	4 253 354
1906. . . .	4 441 241	259 683	4 700 924
1907. . . .	4 927 784	282 975	5 210 759

Sous le rapport financier, les résultats sont également satisfaisants. Les recettes s'élèvent, pour le second semestre de 1907, à un chiffre de 7 181 000 f et les dépenses à 3 528 000 f, ce qui laisse une recette nette de 3 653 000 f, à laquelle viennent s'ajouter 390 000 f représentant le bénéfice de l'exploitation du canal de Bridgewater, ce qui donne un total de 4 043 000 f. Pour la première fois, les bénéfices réalisés ont permis de payer l'intérêt des obligations, y compris l'emprunt de la Corporation de Manchester, et il est resté un petit solde qu'on a reporté à l'année suivante.

Si on compare les résultats que nous venons de donner avec ceux du semestre correspondant de 1906, on trouve, en faveur de 1907, une augmentation de 540 000 f dans les recettes, de 270 000 f dans les dépenses et de 270 000 f dans les recettes nettes, le tout en nombres ronds.

Au point de vue matériel, le rapport du dernier semestre constate des progrès très sérieux. Des travaux de dragage continus ont permis de donner au canal, sur toute sa longueur, une profondeur de 8,54 m, de sorte que les plus grands navires peuvent actuellement arriver à Manchester.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1908.

Notice nécrologique sur M. **Ch. Rossigneux**, par M. de Ribes-Christofle.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur **un appareil à rectifier par meulage** de M. Lemaire.

Les machines à rectifier les pièces métalliques dans les ateliers sont analogues à des tours, des aléseuses ou des raboteuses, dans lesquels la meule est substituée à l'outil ordinaire. Ces machines sont coûteuses et ne peuvent guère être employées que dans les grands ateliers.

L'appareil de M. Lemaire est simple et peu coûteux ; il se compose d'un support avec poulie de commande et d'un support de meule réunis par un arbre de transmission flexible. La poulie reçoit le mouvement par friction de la machine-outil sur laquelle on installe l'appareil et le transmet à la meule par l'arbre flexible.

Ce système est de nature à rendre de grands services à l'industrie en permettant l'emploi du meulage dans les plus petits ateliers.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur **un système de joints de tuyaux**, présenté par M. J. Gilbert.

Ce joint comprend une couronne en plomb, coulée entre les deux tuyaux consécutifs, et une bague en caoutchouc serrée entre ces deux tuyaux. Ce qui caractérise le système est que l'espace rempli par le plomb présente une rainure dans chacun des tuyaux pour que ce métal s'oppose au déboîtement. La bague en caoutchouc sert à assurer l'étanchéité dans le cas où l'adhérence du plomb au métal du tuyau viendrait à faire défaut, par suite du déplacement relatif des tuyaux.

Ce joint a déjà reçu des applications qui ont fait reconnaître son efficacité.

Rapport de M. Lecornu sur **l'allumeur Lodge**.

Cet allumeur, destiné aux moteurs à explosion, est basé sur la production, entre les deux pôles de la bougie, d'une étincelle à haute tension obtenue par un dispositif particulier consistant à, lorsqu'on interrompt le circuit secondaire d'une bobine d'induction, créer un circuit tertiaire produisant, au moment de l'interruption, une étincelle à très haute tension. Les avantages de cet allumeur sont : la suppression des parties mobiles dans les cylindres, la suppression de l'encrassement, le réglage

très précis du temps d'allumage, la qualité remarquable de l'étincelle, la faible consommation d'électricité, et la sécurité absolue de l'étincelle que rien n'arrête.

Rapport de M. Toulon sur **un appareil de mesure pour des pièces d'horlogerie**, dit le *sélomètre*, de M. Maurice Picard.

Cet appareil a pour objectif de mesurer directement les creusures opérées dans les platines des montres et permet de déterminer avec rapidité et précision une mesure délicate utile dans l'industrie de l'horlogerie.

'Rapport de M. Larivière sur **le chevalet à repriser** de MM. Bin et Blin.

Ce chevalet a pour objet de permettre aux ouvrières occupées au rentrayage ou stoppage industriel des draps de travailler dans des conditions plus hygiéniques en adoptant une attitude moins défectueuse qu'actuellement.

Rapport de M. Larivière sur le **duplicateur Roneo**.

Il s'agit d'un système de mimographe ou duplicateur pour reproduire des écritures : la particularité qu'il présente est que, une fois le cliché mis en place, la machine l'encre uniformément, l'imprime sur papier et sèche les épreuves, le tout d'une manière automatique, à la vitesse de quarante copies environ par minute.

Les insecticides vénéneux. — Le pétrole insecticide. — Les appareils pulvérisateurs, par M. Jos. Barsacq.

L'auteur s'est proposé de présenter, sous une forme accessible à tous, la préparation et l'emploi de quelques produits chimiquement déterminés dans la lutte contre les insectes phytophages et carpophages des plantes agricoles. Après avoir parlé du vert de Schweinfurth et de l'arséniate de plomb qui, bien que vénéneux, sont employés avec précaution, sans aucun danger pour les hommes aussi bien que pour les plantes, l'auteur étudie l'emploi du pétrole qui est l'insecticide par excellence et dont l'usage a été perfectionné en Amérique par la création de pulvérisateurs dits « Kerowater », qui mélangent à l'eau le pétrole pulvérisé en en faisant une émulsion projetée sous une pression élevée.

De la correction des rivières à fond mobile, telles que la Loire, par M. Audouin.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Voici les principaux sujets traités dans ces notes : Développement de la chimie organique. — La photochimie. — Nouvelles déterminations de quelques températures de fusion. — Four électrique à haute pression. — Fabrication de l'hydrogène pur. — Sur la purification de l'hydrogène. — Le protoxyde de silicium. — Le carborundum. — Le coupage du sodium. — La corrosion de l'acier. — Sur la carbonisation du bois.

— Sur la composition du charbon. — Saponification par l'alcool de l'huile de lin. — Recherche sur les nitro-celluloses. — Inflammabilité des laines artificielles, etc.

Notes de mécanique. — Nous citerons dans ces notes : la description des fours tournants pour ciments Schmidt. — Une étude sur la compression des lingots d'acier à l'état pâteux. — Le rendement des compresseurs d'air sec. — La machine d'extraction à retour d'air du Consolidated Gold Fields, au Transvaal.

ANNALES DES MINES

11e livraison de 1907.

La catastrophe de Courrières, par M. Ch.-E. Heurteau, Ingénieur des Mines (*suite et fin*).

Nous croyons inutile de résumer ici les faits relatifs à la catastrophe elle-même.

Nous nous bornerons à reproduire en substance les conclusions adoptées par la majorité de la Commission chargée de procéder à une enquête sur les conditions dans lesquelles les travaux de sauvetage ont été effectués par les Ingénieurs de l'Etat, majorité composée de MM. Carnot, Aguillon, Nivoit et Kuss ; ces conclusions sont que :

1° Les travaux ont été, dès le début, effectués par les Ingénieurs de l'État, en conformité avec les dispositions légales qui régissent les mines en pareil cas. La responsabilité d'aucun agent de la Compagnie ne peut être mise en cause à cet égard ;

2° Aucun indice ne permet de supposer que des mineurs ayant survécu à l'asphyxie des premiers jours aient péri ultérieurement dans la mine faute de secours qu'il eût été possible de leur donner. L'autopsie a, en effet, démontré que les mineurs que l'on a prétendu être morts longtemps après la catastrophe ont été brûlés et asphyxiés dès le début ;

3° Les travaux de sauvetage étaient particulièrement difficiles par suite de l'étendue exceptionnelle et de l'enchevêtrement des galeries sinistrées.

Le programme et les moyens adoptés pour l'exécution de ces travaux ont été conformes aux règles de l'art et se sont trouvés imposés par les circonstances mêmes de l'accident ;

4° En conséquence, la majorité de la Commission pense qu'il ne peut être fait aucun reproche à qui que ce soit pour l'organisation et la conduite des travaux qui ont été effectués après la catastrophe.

Note sur **la cimentation des terrains** dans la traversée du niveau aquifère du puits n° 3 de la Société houillère de Liévin, par M. L. Morin, Ingénieur en chef de la Société houillère de Liévin.

Le puits dont il s'agit, de 6 m de diamètre utile, est un puits de

retour d'air qui atteignait, à 19 m de profondeur, le niveau aquifère: les venues d'eau étaient considérables, 250 m³ à l'heure. On ne pouvait songer à employer la congélation, ce qui aurait été trop coûteux: on résolut d'employer le procédé de cimentation déjà utilisé à Courrières et à Lens. Le programme adopté consistait à placer un faux fond étanche à la base du cuvelage posé. Faire des injections de ciment sous le faux fond en facilitant son introduction dans le terrain par les trous de sonde, de façon à permettre des retraites de longueur suffisante, d'une vingtaine de mètres environ. Les injections de ciment et les sondages devaient être faits alternativement de façon que les venues d'eau n'excèdent jamais la limite des moyens d'épuisement disponibles.

Les travaux furent exécutés d'après ce programme; la pose du faux fond fut commencée le 12 mars 1906; le premier trou de sonde fut fait le 16 mars, les travaux furent achevés le 25 mai. Après démontage du faux fond pour la continuation de l'approfondissement du puits, la venue d'eau n'était plus que de 4 m³ à l'heure. On dut faire une deuxième application du faux fond un peu plus bas. Ces travaux ont coûté 93 000 f, ce qui représente une économie de 120 000 f environ sur le coût avec le procédé par congélation.

Ce résultat permet de penser que les fonçages de puits entrepris directement sans congélation ni cimentation préalables pourront toujours, par cimentations locales, traverser avec économie et sans grands retards les assises aquifères analogues aux niveaux crayeux, quelle que soit d'ailleurs leur profondeur.

12e livraison de 1907.

Nouvelles recherches et découvertes de naphte dans le Caucase occidental, par M. Alexis Yermoloff, ancien ministre de l'Agriculture de Russie.

Ces gisements ont été trouvés dans deux régions, l'une près d'Anapa, petit port de mer, et l'autre sur le versant nord de la chaine du Caucase, très peu élevée en cet endroit, à 70 km environ du port en construction de Touapsé. La présence de ce naphte était connue depuis longtemps dans ces régions et une exploration scientifique en avait été même faite par un géologue français, M. Coquand, en 1876. Un Ingénieur des Mines russes, M. Winda, a étudié ces gisements d'une manière très complète et on a commencé les travaux d'exploitation, de sorte qu'une industrie nouvelle est aujourd'hui naissante dans cette partie du Caucase.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1906.

Il y a eu, en 1906, un total de 17 accidents ayant causé la mort de 26 personnes et des blessures à 17 autres.

Ces accidents se répartissent, au point de vue de l'espèce d'appareils, en 2 à des chaudières non tubulaires, 7 à des chaudières à tubes à fumée, 7 à des chaudières à tubes d'eau, 3 à des récipients et 3 à des

appareils divers. Les chaudières à tubes d'eau ont tué 13 personnes et blessé 6 contre 7 tués et 8 blessés pour les chaudières à tubes à fumée.

Au point de vue des causes des accidents, on en trouve 4 attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 8 à des conditions défectueuses d'entretien, 10 à un mauvais état des appareils et 2 à des causes non précitées. La supériorité du nombre des causes à celui des accidents tient à ce que, dans plusieurs cas, l'accident a été porté comme dû à plusieurs causes.

Note sur **la question des poussières dans les mines anglaises,** par M. F. Breynaert, Ingénieur des Mines.

L'objet de cette note est de présenter les idées qui ont été émises dans les dépositions faites par les inspecteurs des mines et divers exploitants devant une Commission spéciale nommée en 1906 pour se prononcer sur les mesures à prescrire pour éviter les explosions qui peuvent résulter de la présence des poussières. L'auteur rappelle d'abord les prescriptions réglementaires actuellement en vigueur.

En somme, on parait se préoccuper sérieusement, en Angleterre, de lutter contre les dangers des poussières. Ce qui semble manquer le plus, c'est la connaissance exacte des conditions de leur inflammabilité.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 17. — *25 avril 1908.*

Recherches sur la trempe et les épreuves de trempe, par G. Meyer.

Installations de transport de force de la Société du barrage de Rurtal, par Rasch et Bauwens *(suite)*.

Engrenages à chevrons, par C. Bach.

Expériences sur les pertes de chaleur et de pression dans les conduites de vapeur saturée et surchauffée, par Chr. Eberle *(fin)*.

Déperdition de force dans les transmissions par courroies, par F. Niethammer et R. Czepek.

Groupe de Brunswick. — Developpement de la meunerie et de ses procédés.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Nouveautés dans la question du chauffage à eau chaude.

Groupe de Thuringe. — L'exploitation des mines dans le sud et le sud-est de l'Afrique.

Bibliographie. — Manuel d'éclairage électrique, par J. Herzog et A. Feldmann. — Ascenseurs et écluses pour canaux, par Chr. Havestadt.

Revue. — Nouvel appareil à mesurer la tension. — Grue-wagon de 30 t. — Laminoirs à commande électrique de l'Illinois Steel Company. — Trafic des ports d'Anvers, Hambourg et Rotterdam.

N° 18. — *2 mai 1908.*

Ordre du jour de la 49e Assemblée générale de l'Association d·· Ingénieurs allemands à Dresde en 1908.

Grandes stations centrales à vapeur récentes, par Ch. Eberle.

Construction d'un nouveau théâtre municipal, à Kiel, par O. Le· holp *(fin)*.

Groupe de Berlin. — Développement de la construction des machin··

Bibliographie. — L'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, de 188· 1908.

Revue. — Locomotive express 2/5 compound à quatre cylindr·· construite par la Société Hanovrienne, précédemment G. Egestorff. — Magasins à charbon en béton armé.

N° 19. — *9 mai 1908.*

La Compagnie charbonnière et métallurgique du Colorado, par F. Frölich.

Grandes stations centrales à vapeur récentes, par Chr. Eberle (*fin*).

Recherches sur la trempe et les épreuves de trempe, par G. Mey· *(suite)*.

Installations de transport de force de la Société du barrage de Rur· par Rasch et F. Bauwens *(fin)*.

Groupe de Leipzick. — Halage mécanique et électrique sur le ca· de Teltow.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Le télautographe Lux.

Bibliographie. — Introduction à l'étude de l'électricité industri·· par H. H. Norris (ouvrage anglais).

Revue. — Nouvelle aciérie Martin des Westfalische Stahlwerk· Bochum. — Moteur à pétrole pour la navigation de Thornycroft· Utilisation et consommation de charbon du paquebot Cunard *Lusita·* — Autobus électriques à Berlin.

Pour la Chronique et les Comptes rendus

A. Mallet.

Le Secrétaire Administratif, Gér·

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10032-5-08. — (Encre Lorilleux)

6	7
1,318	1,
1,322	1,4
1,327	1,4
1,332	1,4
1,337	1,4
1,342	1,4
1,347	1,4
1,352	1,4
1,358	1,4
1,365	1,4
1,368	1,4
1,375	1,4
1,381	1,4
1,389	1,4
1,394	1,5
1,402	

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1908

N° 6

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juin 1908, la Société a reçu les ouvrages suivants:

Agriculture.

POHER (E.) ET RAZOUS (P.). — *Les déchets et sous-produits d'abattoirs de boucherie et de fabriques de conserves de viande (Utilisation, désinfection),* par Ernest Poher et Paul Razous (in-8°, 250 × 160 de 103 p., avec 12 fig.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1908. (Don de l'éditeur.) 45462

PRANGEY (J.) ET GROBERT (J. DE). — *Étude sur le séchage des produits agricoles,* par J. Prangey et J. de Grobert (in-8°, 240 × 155 de 24 p., avec 3 fig.). Clermont (Oise), Imprimerie Daix frères et Thiron, 1908. (Don des auteurs, M. de la S.) 45406

Astronomie et Météorologie.

EIFFEL (G.). — *Comparaisons graphiques des valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles des principaux éléments météorologiques dans diverses stations françaises pour l'année 1906*, par G. Eiffel (atlas, 320 × 245 de 4 p., avec 12 pl.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 45459

Chemins de fer et Tramways.

BEL (J.-M.). — *Projet de chemin de fer et mise en valeur de gisements miniers du Congo Français.* Conférence donnée à l'Union Coloniale Française par M. J.-Marc Bel (Extrait de la Quinzaine Coloniale. N° du 10 avril 1908) (in-8°, 215 × 135 de 28 p.). Paris, Union Coloniale Française, 1908. (Don de l'auteur. M. de la S.) 45451

Compagnie du Chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 30 avril 1908. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale (in-4°, 275 × 225 de 100 p.). Lille, Imprimerie L. Danel, 1908. 45420

Le frein à vide automatique à action rapide pour trains de marchandises et ses résultats pratiques. Compagnie du frein à vide. Direction à Paris, 15, rue de Madrid, 8e (in-4°, 295 × 215 de 20 p., avec 8 pl. et 11 annexes). (Don de M. W. Strapp, M. de la S.) 45418

Chimie.

BOURREY (G.) ET MARQUET (E.). — *Traité d'analyse chimique industrielle, commerciale et agricole*, par Georges Bourrey et Eugène Marquet, avec la collaboration de techniciens et chimistes spécialistes, précédé des Préfaces de M. C. Matignon, M. L. Lindet, M. L. Guillet (in-8°, 250 × 165 de XXIII-976 p., avec 184 fig. et 52 photogrammes). Paris, Octave Doin. 1908. (Don des auteurs, M. de la S.) 45441

TOLLEN (E.). — *Emploi des explosifs pour les démolitions des maçonneries.* Communications faites au Comité d'Études de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels par M. Émile Tollen (in-8°, 240 × 155 de 35 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1908. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 45456

Construction des machines.

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. 33e Exercice 1907 (in-8°, 240 × 155 de 176 p.). Paris, Siège de l'Association, 1908. 45463

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Décret du 9 octobre 1907 portant règlement pour les appareils à vapeur à terre (in-8°, 240 × 155 de 58 p.). Paris, Siège de l'Association, 1908. (Don de l'Association.) 45464

FABER (CH.). — *Tableau des mouvements de mécanique et des éléments de machines*, par Ch. Faber (une feuille, 560 × 720). Paris, P. Berville. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45430

LALLEMAND (CH.). — *Les rampes critiques en automobile* par M. Ch. Lallemand (Extrait des Comptes rendus de l'Association Française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Reims 1907), (in-8°, 240 × 155 de 11 p., avec 1 fig.). Paris, Secrétariat de l'Association. (Don de l'auteur.) 45427

Lois et règlements en vigueur en novembre 1907 concernant les appareils à vapeur. 10 Extraits (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (10 brochures in-8°, 215 × 135). Amiens, Imprimerie typo-lithographique T. Jeunet, 1908. (Don de M. E. Schmidt, M. de la S.) 45444

SCHMIDT (E.). — *Commentaires sur la réglementation nouvelle des appareils à vapeur mise en vigueur en novembre 1907.* Lecture faite à l'Assemblée générale de la Société Industrielle d'Amiens du 30 avril 1908 (Extrait du Bulletin d'avril-mai-juin de la Société Industrielle d'Amiens) (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 24 p.). Amiens, Imprimerie typo-lithographique T. Jeunet, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45445

SCHMIDT (E.). — *Rapport présenté par le Conseil d'administration de la Société Industrielle d'Amiens au nom du Comité de mécanique par M. Schmidt sur une proposition de loi présentée le 4 juin 1907 par M. Charonnat, député, concernant la réglementation de la profession de Chauffeur-Mécanicien dans l'industrie* (Extrait du Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens, juillet-octobre 1907) (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 260 × 170 de 7 p.). Amiens, Imprimerie typo-lithographique T. Jeunet, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45446

Éclairage.

CHÔMIENNE (C.). — *Conférence sur l'éclairage artificiel*, par C. Chômienne. Salle des Concerts, 4 avril 1903 (in-8°, 235 × 155 de 42 p.). Rive-de-Gier, Imprimerie Bruyère frères, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45409

Économie politique et sociale.

Anuario estadístico de la República Oriental del Uruguay. Tome II. Anos 1904 à 1906 (in-4°, 305 × 205 de xxxvi-943 p., avec 1 carte et 1 plan de Montevideo). Montevideo, Imprenta artistica y Encuadernación de Dornaleche y Reyes, 1908. 45429

BORGEAUD (G.). — *De la nécessité pour les Commerçants et Industriels de diriger leur maison avec méthode et des moyens d'y parvenir*, par G. Borgeaud (in-8°, 235 × 160 de 72 p.). Paris, chez l'auteur. (Don de l'auteur.) 45476

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1908. N° 20 (in-8°, 240 × 160 de 237 p., avec 134 fig.). Paris, au Siège de l'Association, 1908. 45410

Concours pour les emplois d'Inspectrice et d'Inspecteur du travail (in-8°, 220 × 145 de 48 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1908. (Don de l'éditeur.) 45461

NOURISSÉ (R.). — *Les droits des Industriels en matière d'heures supplémentaires de travail et régime des usines à feu continu*, par Raymond Nourissé (in-8°, 220 × 145 de 32 p.). Paris, Société d'Éditions techniques, 1908. (Don de l'éditeur.) 45460

Électricité.

COURAU (J.). — *Téléchnographie. Méthode pour la transmission des dessins par la télégraphie ou la téléphonie ordinaire*, par J. Courau (Extrait du Bulletin de la Société Française des Ingénieurs Coloniaux. N° 31. 1er trimestre 1904) (in-8°, 240 × 160 de 24 p.). Angers, Paris, Imprimerie G. Lenormand et Rozmarynowski, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45416

GRAFFIGNY (H. DE). — *Construction pratique et applications des bobines d'induction dites de Ruhmkorff*, par H. de Graffigny (in-18, 190 × 130 de II-163 p., avec 83 fig.). Paris, H. Desforges. (Don de l'éditeur.) 45417

PIERRARD (ÉM.). — *La destruction du Bureau central des téléphones d'Anvers et le rétablissement provisoire des installations*. Conférence faite à la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels, le mercredi 11 mars 1908, par Émile Pierrard (in-8°, 240 × 155 de 32 p., avec 24 fig.). Bruxelles, Imprimerie F. Vanbuggenhoudt, 1908. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 45458

Enseignement.

BUYSE (O.). — *Méthodes américaines d'éducation générale et technique*, par Omer Buyse (in-8°, 250 × 160 de 744 p., avec 365 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don de l'auteur.) 45431

Géologie et Sciences naturelles diverses.

LALLEMAND (CH.). — *L'Avenir des continents*, par Ch. Lallemand (Extrait du Bulletin de la Société Astronomique de France, mai 1908) (in-8°, 240 × 155 de 14 p., avec 4 fig.). Paris, Société Astronomique de France, 1908. (Don de l'auteur.) 45428

Législation.

Association amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines. 43e annuaire. Arrêté au 1er novembre 1907 (1907-1908) (in-8°, 235 × 155 de 247 p.). Paris, Siège social. 45407

DALLOZ. GRIOLET (G.). VERGÉ (CH.). KOEHLER. — *Dalloz. — Dictionnaire pratique de droit*, publié sous la direction de MM. Gaston Griolet, Charles Vergé, avec le concours de M. Koehler et la collaboration de plusieurs magistrats et jurisconsultes. Édition 1908 (2 vol. in-4°, 295 × 225 de VIII-1640 p. à 3 col.; XIV p. à 2 col. et 102 p. à 4 col.). Paris, Bureau de la Jurisprudence générale Dalloz. 45472 et 45473

Forteckning ofver Svenska Teknologföreningens. Ledamöter. April 1908 (in-8°, 205 × 135 de 90 p.). Stockholm, P.-A. Norstedt et Soüer, 1908. 45475

HUGO MICHEL. DUVINAGE (L.). — *Les inventions industrielles à réaliser. Recueil de 650 questions à résoudre pour répondre aux besoins actuels de l'industrie*, par Hugo Michel. Traduit de l'allemand par Louis Duvinage. Deuxième édition française modifiée et augmentée (in-8°, 255 × 165 de 41 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45477

Real Academia de Ciencias y Artes. Ano academico de 1907 à 1908. Nomina del Personal academica (in-8°, 155 × 95 de 170 p.). Barcelona, A. Lopez Robert. 45423

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Liste des Membres. Année 1908 (in-8°, 195 × 130 de 98 p.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics. 45455

The Canadian Society of Civil Engineers. Charter, By-Laws and List of Members 1908 (in-8°, 230 × 155 de 151 p.). Montreal, Printed for the Society. 45465

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members, 2nd March 1908. Articles and By-Laws (in-8°, 215 × 140 de 256 p.). 45447

Union des Ingénienrs sortis des Écoles spéciales de Louvain. Liste des Membres 1908 (in-8°, 240 × 160 de 98 p.). Bruxelles, L'Imprimerie Nationale. 45474

Verein deutscher Eisenhüttenleute 1908 (in-8°, 190 × 140 de 156 p.). Düsseldorf, Geschäftsstelle des Vereins. 45454

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

CACHEUX (E.). — *Sauvetage dans l'industrie du bâtiment*. Rapport présenté par M. E. Cacheux au Congrès International de Sauvetage et de Secours publics au Grand-Palais des Champs-Élysées, Paris (in-8°, 260 × 165 de 7 p.). Orléans, Paris, Imprimerie Auguste Gout et Cie, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45411

Métallurgie et Mines.

BUTTGENBACH (H.). — *Les mines du Katanga*. Conférence faite à la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels, le mercredi 18 mars 1908, par M. H. Buttgenbach (in-8°, 240 × 155 de 24 p., avec 13 fig. et 2 pl.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne. 1908. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels.) 45457

GUILLET (L.). — *Urbain Le Verrier. L'influence des recherches scientifiques sur l'évolution de la métallurgie. Leçon d'ouverture du Cours de Métallurgie et de Travail des Métaux du Conservatoire National des Arts et Métiers*, par Léon Guillet (in-8°, 205 × 135 de 29 p.). Paris, 41 bis, rue de Châteaudun. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45424

RONCERAY (E.). — *Procédé universel de moulage mécanique*, par M. E. Ronceray. Traduction d'une communication présentée au Congrès de l'Association Américaine des Fondeurs, tenu à Philadelphie les 21, 22 et 23 mai 1907 (in-8°, 240 × 155 de 14 p., avec 19 fig.). Paris, Imprimerie Mauguin. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45471

Transvaal Stope-Drill. Competition, 1909, Rules (in-4°, 335 × 205 de 10 p.). Johannesburg, Argus Company Limited. 1908. (Don de la Compagnie Française de Mines d'or et de l'Afrique du Sud.) 45478

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

ARMENGAUD (JEUNE). — *Le problème de l'aviation. Sa solution par l'aéroplane*. Conférence faite, le 16 février 1908, au Conservatoire National des Arts et Métiers, par M. Armengaud Jeune (in-8°, 255 × 155 de VIII-86 p., avec 25 fig.). Paris, Ch. Delagrave. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45449

Association Internationale permanente des Congrès de navigation. XIe Congrès. Saint-Pétersbourg, 1908. 1re section. Navigation intérieure. Communications (11 brochures in-8°, 240 × 155). *Rapports* (23 brochures in-8°, 240 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics. (Don de l'Association.) 45437 et 45438

Association Internationale permanente des Congrès de navigation. XIe Congrès. Saint-Pétersbourg, 1908. 2e section. Navigation maritime. Communications (16 brochures in-8°, 240 × 155). *Rapports* (25 brochures in-8°, 240 × 155). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics. (Don de l'Association.) 45439 et 45440

Association pour l'amélioration de la rive droite à Bordeaux. Lettres adressées à M. le Président et à MM. les Membres de la Chambre de Commerce de Bordeaux le 18 février 1908 et le 23 février 1908 (2 brochures in-4°, 275 × 220 de 29 p., avec 3 pl. et de 8 p.). Bordeaux, Imprimerie nouvelle F. Pech et Cie, 1908. (Don de l'Association.) 45435 et 45436

Chambre de Commerce de Bordeaux. Concours de projets pour l'amélioration du port de Bordeaux et de ses accès (in-4°, 275 × 215 de 4 p.). Bordeaux, 1908. (Don de l'Association pour l'amélioration de la rive droite à Bordeaux.) 45434

China Imperial Maritime Customs. III Miscellaneous Series N. 6. List of the Lighthouses, Light-Vessels, Buoys, and Beacons on the Coast and Rivers of China for 1907 (Corrected to 1st. December 1906) Thirty-fifth Issue. Published by order of the Inspector General of Customs (in-4°, 280 × 220 de 53 p., avec 10 pl.). Shanghaï, Published at the Statistical Department of the Inspectorate General of Customs, 1907. 45425

Memoria que manifiesta el estado y progreso de las Obras de mejora de la Ria y Puerto de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el ano de 1907 (Junta de Obras del Puerto de Bilbao) (in-4°, 270 × 205 de 83 p., avec 2 pl.). Bilbao, Imprenta y Litografia de Emeterio Verdes y Achirica, 1908. 45421

Statistique de la navigation intérieure. Recensement de la batellerie. Années 1902 et 1907 (Ministère des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation) (in-4°, 305 × 230 de 115 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1908. (Don du Ministère des Travaux publics.) 45450

Physique.

The National Physical Laboratory. Collected Researches. Vol. III, 1908; vol. IV, 1908 (2 vol. in-4°, 305 × 230 de 286 p. et de 252 p., avec fig. et pl.). 45480 et 45481

The National Physical Laboratory. Report for the year 1907 (in-4°, 260 × 190 de 97 p., avec 20 pl.). Teddington, Parrot and Ashfield, 1908. 45482

Sciences mathématiques.

Greco (M.). — *Determinazione diretta del Coefficiente di Poisson in una pietra tufaceo della Sicilia.* Nota dell'Ingegnere M. Greco (Estratto degli Atti del' Collegio degl' Ingegneri e Architetti in Palermo. Anno 1907) (in-8°, 255 × 175 de 15 p., avec 1 pl.). Palermo, Stabilimento tipografico Virzi, 1908. (Don de l'auteur.) 45412

Sciences morales. — Divers.

Bel (J.-M.). — *Mission Bel au Congo Français.* Bulletin de la Société de Géographie. Séance du 7 février 1908 (Extrait de La Géographie. N° du 15 mars 1908) (in-8°, 275 × 180 de 8 p., avec 1 carte). Paris, Masson et Cie, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45452

Bel (J.-M.). — *Mission au Congo Français. Gisements miniers du bassin du Niari et projet de chemin de fer de Brazzaville à l'Océan.* Conférence, par M. Jean-Marc Bel (Extrait du Bulletin de la Société des Études Coloniales et Maritimes, mars 1908) (in-8°, 270 × 185 de 16 p., avec 1 carte). Tonnerre, Imprimerie Charles Puyfagès, 1908. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45453

Mémoires de la Société Académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube. Tome LXXI de la collection. Tome XLIV. Troisième série. Année 1907 (in-8°, 250 × 160 de 454 p.). Troyes, Paul Nouel. 45432

Nel Centenario della nascita del Generale Giovanni Cavalli 1808-1908. Fascicolo ricordo della Rivista d'Artiglieria e Genio (in-8°, 275 × 185 de 75 p., avec 9 pl.). Roma, Tipografia Enrico Voghera, 1908. (Don de la Rivista d'Artiglieria e Genio.) 45470

Technologie générale.

American Society of Civil Engineers. June 1908. Transactions. Vol. LX (in-8°, 225 × 150 de VIII-607 p., avec LXXI pl.). New-York, Published by the Society, 1908. 45479

Association Française pour l'avancement des Sciences. Compte rendu de la 36ᵉ session. Reims, 1907. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 155 de 1 718 p., avec 8 pl.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1908. 45433

CHÔMIENNE (CL.). — *Notes sur l'Exposition universelle de Saint-Louis 1904*, par Cl. Chômienne (Extrait du Bulletin Technologique de la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers (mars-avril-mai 1906) (in-8°, 220 × 135 de 176 p., avec 41 fig. et 7 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 45408

International Catalogue of Scientific Literature. — G. Mineralogy including Petrology and Crystallography. Fourth Annual Issue. April 1906. Fifth Annual Issue. March 1907. — H. Geology. Fourth Annual Issue. March 1906. Fifth Annual Issue. January 1907 (4 brochures in-8°, 115 × 140). London, Harrison and Sons, Paris, Gauthier-Villars, 1906-1907. (Don de l'éditeur.) 45466 à 45469

Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin N° 53. Tome I et Tome II. 1907 (in-8°, 250 × 165 de 139-24-80 p. et de 55 p.). Saint-Quentin, Imprimerie du Guetteur, 1908. 45414 et 45415

The American Society of Mechanical Engineers. Transactions. Volume 28. New-York Meeting 1906 (in-8°, 230 × 150 de 981 p., avec fig. et pl.). New-York, Published by the Society, 1907. 45422

The Institution of Mechanical Engineers. Proceedings 1907. Parts 3-4 (in-8°, 215 × 135 de v-561 à 1 143 p., avec pl. 54 à 86). Westminster S. W., Published by the Institution. 45448

The John Crerar Library. Thirteenth Annual Report for the year 1907 (in-8°, 255 × 170 de 70 p.). Chicago, Printed by Order of the Board of Directors, 1908. 45413

Travaux publics.

BRET (E.) — *Balayeuse-arroseuse automobile de la Ville de Paris*, par E. Bret (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 155 de 27 p., avec 19 fig. et 1 pl. hors texte). Paris, Publications du Journal Le Génie Civil, 1908. (Don de l'auteur.) 45443

COURCELLE (L.) ET LEMAITRE (J.). — *Législation du bâtiment*, par Louis Courcelle et J. Lemaitre (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16°, 185 × 120 de VIII-996 p., avec 184 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908. (Don des éditeurs.) 45442

Troisième Concours des Habitations à bon marché (1904-1908). Rapport presenté au Jury, par la Sous-Commission du Concours (Comité de patronage des Habitations à bon marché et de la Prévoyance sociale du Département de la Seine) (in-4°, 280 × 220 de 16 p.). Paris, Pairault et Cie, 1908. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 45419

Voies et Moyens de communication et de transport.

DUMONTPALLIER (L.). — *Annuaire de Route de l'A. C. F. 9e année. Mai 1908-Mai 1909*, par M. Louis Dumontpallier (in-18, 175 × 105 de 829 p.) (Automobile-Club de France). Paris, Place de la Concorde (Don de l'auteur.) 45426

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de juin 1908, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

H.-H. Blot,	présenté par MM.	G. Blot, Courtois, F. Delmas.
Ch.-M. Bonnin,	—	G. du Bousquet, Koechlin, Rodrigue.
A.-D.-J. Bourlet,	—	Reumaux, Richou, Dubreucq Perus.
A.-F.-X.-J. Delas,	—	A. Postel-Vinay, Lorin, Leblanc.
L.-H.-F. De Sailly,	—	Reumaux, E. Barbet, Bergeron.
P. Desforges,	—	Divary, Hannebicque. A. Thomas.
J.-M. Espana,	—	Bonvillain, Guillet, Ronceray.
A.-L. Garaud-Rigones	—	Faullain de Banville, Delaunay. Vattier.
A. Gras,	—	Gaultier, Baucheron, Maurel.
L.-F. Hermitte,	—	Schil, Schertzer, Pierrel.
E.-G. Hugentobler,	—	Compère, Lencauchez, Sabrou.
M. Lambert,	—	Arnodin, Bougault, A. Lambert.
P.-M. Lavaur,	—	A. Postel-Vinay, Lorin, Leblanc.
J. Legrand,	—	J. Hersent, G. Hersent, Ch. Le Jeunne.
P.-J. Lemay,	—	Reumaux, Bergeron, Bousquet.
P. Petit,	—	Reumaux, Murgue, Sokolowski.
F.-J. Rennotte,		E. Barbet, Deroy, Vidal.
A.-L. Riardant,	—	Postel-Vinay. Lorin, Thomas.
J. Storm,	—	L. Coiseau, G. Dumont, E. Calmettes.
Ch.-J. Théry,	—	Reumaux, Bergeron, Bousquet.
C. de Toro Herrera	—	Faullain de Banville, Delaunay. Vattier.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

A.-F.-P. Delaporte,	présenté par MM.	Calmettes, Dayras, Pommier.
A. Geraldo Rocha	—	P. Regnard, Anthoni, Dufresne.
J.-G. Vernes,	—	F. Harlé, A. Vernes, Dobler.

Comme Membre Associé M. :

J. Martin, présenté par MM. Dessin, Pierrel, Roser.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1908

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 JUIN 1908

Présidence de M. E. Reumaux, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la séance du 15 mai et celui de la séance du 16, sont adoptés.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de :

M. L.-F. Fronton, Membre de la Société depuis 1902, Ingénieur-Directeur de la Société anonyme du Gaz de Rio-de-Janeiro.

M. P.-M.-P. Malissard, ancien Élève de l'École Centrale (1870), Membre de la Société depuis 1880, Chevalier de la Légion d'Honneur, Président du Conseil d'administration des Établissements Malissard-Taza, à Anzin.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les nominations et récompenses suivantes :

M. E. Cacheux a été nommé Membre du Conseil supérieur des Habitations à bon marché, en qualité de Membre du Comité de patronage des Habitations à bon marché du département de la Seine.

M. G. Bourrey a été nommé Inspecteur de l'Enseignement technique (Ministère du Commerce).

M. J. Chollot, Membre correspondant de la Société en Chine, a été nommé Vice-Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Shangaï.

M. L. Benét a été nommé Vice-Président honoraire de l'American Society of Mechanical Engineers.

L'Institut Franklin a décerné à M. A. Mallet la médaille Elliot Cresson pour les applications faites aux États-Unis de sa locomotive compound articulée.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président fait connaître que le Congrès annuel de l'American Society of Mechanical Engineers se tiendra à Detroit, Michigan, du 23 au 26 juin courant.

L'Association pour le développement des Travaux Publics en France, tiendra sa séance le 26 juin, à 8 heures et demie du soir, dans la salle de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le Congrès annuel de l'Association Internationale pour la protection de la Propriété industrielle se tiendra à Stockholm, du 26 au 29 août prochain.

La Chambre de Commerce de Bordeaux met au concours les projets pour l'amélioration du port de Bordeaux et ses accès maritimes. Les renseignements sont déposés à la Bibliothèque.

M. A. Papin, à la date du 27 mai dernier, a remis un pli cacheté. Ce pli, conformément aux traditions, a été déposé aux archives.

M. le Président rappelle que du 19 au 25 juillet prochain doit avoir lieu une excursion aux travaux de percement du tunnel du Loetschberg. Une circulaire donnant les renseignements sur ce voyage sera incessamment envoyée. Il prie instamment les Membres de la Société qui ont l'intention d'y prendre part de faire parvenir leur adhésion le plus tôt possible, afin de permettre d'organiser suffisamment à l'avance les moyens de transport et de logement.

M. le Président prie les Membres de la Société qui ont pris part à l'excursion à Lens et qui désirent se procurer des photographies de groupes prises lors de cette excursion, de se faire inscrire au Secrétariat en indiquant la visite (fosse ou cité ouvrière) à laquelle ils ont participé.

M. J. Bergeron, Président de la Section des Mines et Métallurgie, a la parole pour le *Compte rendu de l'Excursion à Lens* et s'exprime ainsi :

« Messieurs,

Si je voulais même ne faire qu'énumérer les choses intéressantes que nous avons vues dans l'excursion que nous avons faite lundi 1er juin aux Mines de Lens, il me faudrait un temps bien plus long que celui dont je puis disposer ce soir, notre ordre du jour étant très chargé. Je me contenterai donc de vous signaler les méthodes d'exploitation et les machines spéciales, ou les institutions philanthropiques qui m'ont paru devoir arrêter votre attention plus spécialement. D'ailleurs, un de nos prochains bulletins renfermera un compte rendu détaillé de notre visite, dont ont bien voulu se charger deux de nos Secrétaires Techniques, MM. P. Schuhler et P. Bouzanquet.

Nous partions de la gare du Nord à 6 h. 45 du matin, dans un train spécial que la Compagnie des chemins de fer du Nord avait bien voulu mettre à notre disposition à l'aller comme au retour. Cette nouvelle amabilité ne pouvait plus nous surprendre de la part de cette Compagnie qui nous a toujours traités en enfants gâtés, à qui l'on accorde tout ce qu'ils demandent. Au nom de notre Société, je prie MM. Sartiaux et Barral de vouloir bien agréer une fois de plus l'expression de notre gratitude. Grâce à une heureuse organisation qui nous permettait de prendre nos repas dans le train, et surtout grâce à la facilité que nous avions de pouvoir aller causer les uns avec les autres, les voyages se sont accomplis sans que nous nous en apercevions.

En gare de Lens, nous avons trouvé M. Reumaux, Directeur général de la Société des Mines de Lens, M. Théodore Barrois, Professeur à la Faculté de Médecine de Lille, Secrétaire du Conseil de cette Société, représentant le Président et le Vice-Président du Conseil, empêchés pour raisons de santé, plusieurs membres du Conseil, M. Cuvelette, Sous-Directeur de la Société, et les Ingénieurs qui devaient nous diriger dans nos visites. Les présentations faites, nous nous dirigeons vers un train spécial dont chaque voiture porte l'indication de la fosse vers laquelle elle sera dirigée. Durant le trajet de Paris à Lens, nous avions pu choisir, d'après un programme que nous avions trouvé dans les wagons, la tournée que nous désirions faire; arrivés à Lens, nous montons immédiatement dans la voiture qui nous est destinée. Par ce détail, on peut se rendre compte de la façon dont tout avait été organisé pour notre visite.

Six groupes devaient étudier le fond de la mine : les fosses visitées ont été les suivantes :

Fosse n° 1, sous la conduite de MM. Cuvelette, Villet et Mastain;
Fosse n° 2, sous la conduite de MM. Fougerolles et Bergerat;
Fosse n° 9, sous la conduite de MM. Migniot et Van de Walle;
Fosse n° 11, sous la conduite de MM. de Chambure et Lemay;
Fosse n° 12, sous la conduite de MM. Verrier et Mathieu;
Fosse n° 14, sous la conduite de MM. Spriet et Arguillière.

Un septième groupe, sous la conduite de M. Reumaux, est resté au jour et a visité les cités du numéro 11 et du numéro 9, ainsi que les écoles, les ateliers de couture, etc.

Dans ces visites du matin, comme dans celles de l'après-midi, que nous avons faites sous la conduite de MM. Fougerolles, du Bousquet, Peiffert, Piera, de Place, Chartaux, Eug. Dinoire et Roger, nous avons été charmés par l'amabilité comme par le savoir de nos guides; je suis heureux de les remercier tous au nom de notre Société.

L'intérêt particulier que présentait la visite de la fosse n° 1, visite à laquelle j'ai pris part, résidait dans l'étude du procédé de remblayage à l'eau et dans l'examen d'une glissière à secousses, amenant le charbon du front de taille jusque dans les wagonnets.

Au jour, MM. Cuvelette et Villet nous avaient montré la trémie dans laquelle se déversent les schistes provenant des triages et des laveries; ils nous avaient expliqué le dispositif adopté pour qu'il y ait mélange complet de schistes et d'eau. Dans la mine, nous voyons l'arrivée de ce

mélange ; c'est une boue très fluide qui pénètre partout et remplit tous les interstices, tous les vides laissés par l'extraction du charbon. Pour retenir les parties solides et laisser l'eau s'écouler, on dispose une toile derrière laquelle va se constituer en peu de temps un massif très compact, très dur, très résistant à l'écrasement. La quantité d'eau employée par mètre cube de remblai varie de 850 l à 1 250 l (moyenne 1 080 l). Par heure, on peut mettre en place, en moyenne, 200 m³ de remblai, remplaçant 260 t de charbon. Grâce à ce procédé, qui évite tout tassement, se traduisant au jour par des effondrements, la Société des Mines de Lens pense pouvoir aller exploiter, sous la ville même, un cube de charbon représentant de 1 200 000 à 1 500 000 t, qu'elle avait dû abandonner, crainte d'accident au jour.

Des expériences sont faites devant nous et nous sommes à même de constater la simplicité du procédé comme son excellence, d'après les résultats obtenus.

Quant à la glissière, il est facile de se rendre compte de ses avantages, surtout quand les tailles sont de grande longueur, car elle permet alors de supprimer des roulages intermédiaires.

Nous revenons au jour à regret, tant les questions qu'il nous est donné d'étudier sont intéressantes.

Toutes les visites avaient été si bien préparées, le temps nécessaire à chacune d'elles avait été si bien calculé, que tous les groupes arrivèrent en même temps à la nouvelle salle des fêtes de la Société des Mines de Lens.

Le bâtiment qui abrite cette salle est encore presque isolé dans des champs ; il n'y a que de rares maisons au voisinage. C'est le noyau d'une cité, comme nous en apercevons dans le lointain, tout autour de nous ; c'est une future ville. La construction dans laquelle nous nous trouvons répond à une préoccupation constante de la Société des Mines de Lens : reposer ses ouvriers ou ses employés par des exercices ou des occupations différant totalement de leurs travaux ordinaires. Au centre il y a une grande salle qui, en temps ordinaire, sert de gymnase ; mais elle peut être transformée en salle de concert ou en salle de spectacle. Lundi, elle avait été aménagée pour nous y offrir un lunch des plus copieusement et des plus élégamment servis. Pendant le repas, nous avons été à même, plusieurs fois, d'apprécier la valeur de la fanfare de Saint-Amé. Elle comprend une centaine de musiciens ou pour mieux dire d'artistes, dont le talent a mérité à cette fanfare de nombreux prix qui ont établi sa réputation en France comme à l'étranger.

Au dessert, M. Th. Barrois, parlant au nom du Conseil de la Société des Mines de Lens, nous a souhaité la bienvenue en des termes empreints d'une réelle cordialité, puis il a pris prétexte du choix que nous avions fait de M. Reumaux comme Président de notre Société, pour rendre un hommage éclatant à son mérite et lui dire l'admiration et l'affection de tous. M. Barbet et moi avons répondu en nous associant pleinement aux paroles de M. Th. Barrois concernant notre Président, en rendant hommage à la Société des Mines de Lens pour la façon dont elle l'avait secondé, et enfin en remerciant tous ceux qui nous accueillaient si bien.

Après le déjeuner, comme nous nous disposions à quitter la salle des

fêtes, M. Reumaux s'est trouvé, par hasard, seul sur le devant de la scène où avait été dressée la table d'honneur : aussitôt, de tous côtés, sont partis des applaudissements et des cris enthousiastes. Cette ovation, toute spontanée, témoignait des sentiments de tous à l'égard du Directeur général de la Société des Mines de Lens.

(Série de projections représentant en costumes de mineurs les groupes qui sont descendus dans la mine ; le groupe qui a visité les cités et les écoles sous la direction de M. Reumaux, la salle des fêtes, l'entrée et la sortie des Membres de la Société.)

Nous commençons l'excursion de l'après-midi par la visite de la fosse 12 *bis*. C'est un puits de retour d'air affecté seulement à l'aérage d'une partie des travaux des fosses 9 et 12, et provisoirement aussi à celui de la fosse n° 14. C'est un puits de 4,80 m de diamètre, entièrement nu, avec un treuil de visite de 20 ch. environ, qui a été fourni par la Société d'Electricité de Creil. La tête du puits est disposée en sas avec registre se fermant automatiquement de façon à empêcher l'établissement d'un court circuit d'aérage qui entraînerait l'arrêt ou la détérioration des moteurs électriques. Les ventilateurs centrifuges à grande ouïe, du système Monnet et Moyne, construits dans les ateliers Fournier et Cornu de Genelard, sont au nombre de deux, d'un diamètre de 3,20 m. Le rendement mécanique total de ces ventilateurs est supérieur à 60 0/0, pour tous orifices équivalents compris entre 1,75 m² et 4,60 m². Ces ventilateurs sont actionnés par des moteurs asynchrones de 225 ch, alimentés par du triphasé de 5 000 volts et 60 périodes par seconde. Ils ont été construits chez nos collègues MM. Hillairet et Huguet.

De la fosse n° 12 *bis*, nous nous rendons à la fosse n° 14, en traversant les cités n°s 12 et 14. Si nous avions eu le temps, nous aurions eu à examiner en détail ces cités ouvrières. Les maisons que la Compagnie loue à ses ouvriers, pour des prix variant de 4 f. à 10,50 f. par mois, sont au nombre de 5 724, appartenant à 40 types différents et groupés en 14 cités ouvrières. Chaque ouvrier a son jardin, à côté ou à proximité de sa maison. La Société des Mines de Lens attribue avec raison une grande importance à ces jardins : l'ouvrier, après de longues heures passées à la mine, dans un air confiné, travaille ensuite à son champ au grand air, pour le grand avantage de sa santé ; de plus, il évite ainsi les dangers de l'estaminet.

D'ailleurs le but que se propose avant tout la Société, en vue du bien-être moral et physique de son personnel, est de lui organiser une vie de famille telle qu'il préfère rester chez lui. A cet effet, elle a institué, pour les filles de ses mineurs et de ses employés, un enseignement ménager qui lui impose de grands sacrifices, mais pour lequel elle ne compte pas, parce qu'elle veut avant tout « élever insensiblement la femme jusqu'à la pratique des vertus domestiques ». Elle attribue à la femme un rôle de premier ordre ; on pourrait dire qu'elle est féministe, si ce mot n'était pris maintenant en mauvaise part. Vous verrez par les projections qui défileront devant vous jusqu'où va cet enseignement ménager.

Il est encore d'autres institutions vraiment philanthropiques : trente-quatre ans avant la loi du 29 juin 1894 sur les caisses de secours des ouvriers mineurs, la Société des Mines de Lens fondait une Société de

secours, qui a été transformée à quatre reprises différentes, ma toujours au plus grand avantage des ouvriers. La Société encourage la fondation de Sociétés de secours mutuels entre ouvriers de la mine, et même entre ces derniers et les autres travailleurs. Ce sont encore des Sociétés d'assurances, des Sociétés d'épargne, des Sociétés coopératives d'alimentation; toutes sont prospères, toutes sont encouragées, soutenues par la Société de Lens, qui, d'ailleurs, ne s'ingère dans les affaires d'aucune.

Non contente d'assurer le bien-être de son personnel, la Société de Lens veut l'amuser tout en l'intéressant. Elle a été amenée ainsi à fonder des Sociétés musicales : il y a plusieurs fanfares dont la plus importante est celle de Saint-Amé que nous avons applaudie à la salle des fêtes; les chorales sont nombreuses. De vastes espaces sont réservés à des tirs à l'arc, à des jeux de ballons. La Société établit des concours et donne des prix.

A la fosse n° 14 nous prenons un train qui conduit un premier groupe aux fours à coke et aux usines de la fosse n° 8 tandis qu'un second groupe est aiguillé vers les fours à coke et les usines de Pont-à-Vendin.

Le nombre des fours à coke que possède la Société des Mines de Lens s'élève à près de 600. A quelque système qu'ils appartiennent, ils sont tous à récupération des sous-produits. Nous visitons les différents groupes de fours ; nous assistons à l'enfournement du poussier et au défournement du coke. Plusieurs manœuvres dans ces fours sont exécutées au moyen d'appareils électriques.

Pour donner une idée de l'importance de cette récupération des sous-produits, je me contenterai de citer les chiffres suivants : En 1907 il avait été recueilli :

Sulfate d'ammoniaque et eaux ammoniacales concentrées 3 877 t. ;
Brai 13 065 t. ;
Benzols et benzine 1 515 t. ;
Goudron et dérivés 5 962 t. ;
Naphtaline 1 776 t. ;
Anthracene brut 1 444 t.

De plus les flammes perdues chauffent deux batteries de chaudières à vapeur. La station centrale actuelle a une puissance de 3 000 kilowatts.

Toutes ces installations appartiennent aux types les plus nouveaux; cependant nous en voyons en construction, dont les gaz, après épuration, seront employés directement dans une machine à gaz destinée à actionner des générateurs électriques. Quand les installations actuellement en construction seront terminées, la puissance de la station centrale sera portée à 10 000 kilowatts.

En passant, nous visitons l'usine à briquettes qui pourrait fournir, par an, jusqu'à 120 000 t.

Nous nous retrouvons tous au rivage où nous voyons fonctionner les divers dispositifs inventés par M. Reumaux dès 1872, pour charger les bateaux sur le canal. C'est d'abord le treuil que porte la locomotive qui amène les wagons chargés de charbon ; ce treuil sert à faire basculer latéralement les wagons qui se vident dans des trémies. Des glissières

auxquelles aboutissent les trémies permettent de remplir les bateaux en fort peu de temps. Après avoir assisté à cette manœuvre très simple et très rapide, nous reprenons un train qui nous ramène à Lens, à la maison de l'Administration ; là, le champagne coule à flots et c'est le verre en main que nous prenons congé de nos hôtes en les remerciant de leur accueil si cordial.

Le train qui doit nous ramener directement à Paris nous attend à la porte du jardin de l'Administration ; nous serrons la main une dernière fois à M. Reumaux en le félicitant de son œuvre et en le remerciant de nous l'avoir montrée d'une façon si complète et si aimable.

(Série de projections représentant : les jardins des maisons ouvrières, la salle où les mères conduisent leurs bébés tous les quinze jours pour les faire peser et les faire examiner par le médecin ; si la mère n'a pas assez de lait pour nourrir son enfant au sein, l'œuvre de la goutte de lait lui en fournit, ainsi qu'un appareil stérilisateur ; à tour de rôle, les jeunes filles assistent à cette visite médicale pour apprendre à soigner les enfants. — Enseignement ménager : jeunes filles apprenant à faire la cuisine ; on les habitue à faire le prix de revient de chaque repas par personne ; salles de repassage, de couture ; école de jardinage pour les garçons et pour les filles, afin que tous sachent tirer parti du champ qu'ils pourront avoir à cultiver ; atelier où les jeunes filles ne travaillant pas à la mine font de la couture pour le compte de grands magasins ; les machines à coudre dont elles disposent sont au nombre de 80 et sont mues à l'électricité ; on en installe 3 nouveaux bancs de 16 chacun ; les jeunes filles touchent intégralement les sommes qui sont payées par les magasins qui les font travailler. — Fours à coke. — Usine des sous-produits. — Appareils de chargement des bateaux, vus au rivage. — Arrivée de la Société à la maison de l'Administration.)

En résumé, la journée du 1er juin a été pleinement réussie et laissera à tous le meilleur souvenir ; nous avons beaucoup vu et beaucoup appris — les liens d'amitié qui nous unissaient se sont resserrés davantage par suite de l'existence en commun que nous avons menée pendant cette journée, — enfin, celle-ci aura été, à juste titre, pour notre cher Président, une journée de triomphe.

Permettez-moi, Messieurs, en terminant de vous donner mon impression personnelle sur l'excursion de Lens.

Nous avons vu d'admirables choses au point de vue industriel, mais nous pouvons en concevoir de plus grandes, je ne dis pas de plus belles ; une entreprise minière peut nous présenter plus de puissance, plus de machines, un tonnage d'extraction plus fort. Aucune Société, à coup sûr, ne l'emporte sur celle des Mines de Lens au point de vue des institutions sociales et philanthropiques. Guidée seulement par un sentiment de solidarité humaine, cette Société, même par le temps de crise que nous traversons, ne s'est jamais laissée aller au pessimisme ; dès ses débuts, elle a fait le bien ; elle l'a toujours fait ; je dirais volontiers qu'elle l'a fait quand même. C'est là, Messieurs, ce qui m'a le plus frappé dans notre visite ; c'est ce qui, à mon avis, établit la supériorité incontestable de la Société des Mines de Lens ; ce sera toujours son plus beau titre de gloire. »

M. le Président remercie en ces termes :

« Messieurs et chers Collègues,

L'honneur fait à la Société des Mines de Lens par la visite de la Société des Ingénieurs Civils de France se trouve doublé par la relation si savante, si complète, qu'a bien voulu en faire l'éminent géologue Président de notre Section des Mines et de la Métallurgie. Nos Ingénieurs et tout notre personnel y ont été extrêmement sensibles. Et permettez-moi d'ajouter : votre Président a été particulièrement touché des témoignages de sympathie qu'il a reçus dans cette circonstance, de ses Collègues de la Société des Ingénieurs Civils de France. Ses sentiments de gratitude et d'attachement à la Société en seront augmentés si c'est possible. Je n'oublierai jamais les paroles aimables qui ont été dites à mes Collègues et à moi par notre Vice-Président, M. Barbet, et par vous, M. Bergeron. Je vous en remercie encore ». *(Applaudissements prolongés.)*

M. J. Legrand a la parole pour sa communication sur les *Ferry Boats* (1).

M. Legrand expose que des bâtiments de mer ordinaires sont parfaitement susceptibles de transporter des wagons de chemins de fer en toute sécurité. La spécialisation des navires dits ferries boats tient uniquement au dispositif adopté pour que les wagons puissent accéder à bord en roulant sur des rails, ce qui accélère beaucoup les embarquements et débarquements.

Les avantages de ce mode de transport pour relier deux lignes ferrées séparées par un bras de mer sont tels qu'on peut citer un grand nombre d'installations, et que, sur toutes, le trafic s'est développé avec une grande rapidité. Ainsi, le ferry Gjedser-Warnemunde, sur la ligne directe Berlin-Copenhague qui franchit la Baltique sur une distance supérieure au Pas-de-Calais, a transporté à son quatrième exercice 99 692 voyageurs, au lieu de 65 251 la première année, et en outre 105 020 t de marchandises. On a passé en moyenne 88 wagons par jour. La ligne Sassnitz-Trelleborg, directe entre l'Allemagne et la Suède, franchira une distance comparable à Dieppe-Newhaven.

La construction du pont sur la Manche étant abandonnée, celle du tunnel sous-marin ajournée, et le Gouvernement Anglais ayant préconisé l'essai du système des ferries, il est probable qu'on verra appliquer au Pas-de-Calais cette amélioration.

M. Legrand rappelle que la question des ferries du Pas-de-Calais n'est pas nouvelle; Dupuy de Lome et sir John Fowler en ont poursuivi la réalisation, mais ils projetaient des navires de 4 500 et même 7 000 t de déplacement qui ne pouvaient entrer dans les ports d'alors, et la nécessité d'en construire de nouveaux grevait lourdement les prévisions.

Depuis lors, des millions ont été dépensés sur les deux rives. Douvres peut recevoir des transatlantiques à quai, les bateaux de 3 000 t maximum peuvent accéder à toute heure au port de Calais. On construit un port en eau profonde à Boulogne. Le trafic des voyageurs à travers

(1) Voir le bulletin de juin 1908, p. 973.

le détroit s'est développé extraordinairement : en 1907 on a compté rien que par Calais 353 992 passagers ; viâ Boulogne il y en a eu 308 452, et viâ Dieppe 219 808. Le tonnage des marchandises transportées directement entre les réseaux ferrés a au contraire augmenté très lentement ; en quarante ans, il a passé de 40 000 t à 80 000 t, et pour en assurer le transport, les chemins de fer emploient 9 petits cargos dont l'utilisation est très faible en dépit de la briéveté de la traversée, à cause des temps perdus dans les manutentions. Un seul ferry boat, embarquant et débarquant en quelques minutes et pouvant par conséquent faire plusieurs traversées par jour, peut remplacer toute cette flottille avec économie.

En se tenant dans la limite de déplacement que permet le port de Calais, les Chantiers de l'Atlantique ont étudié un type de ferry à trois voies, pouvant porter 36 wagons de marchandises à la vitesse réduite de 12 nœuds, ou les trains du service de nuit à la vitesse de 17 nœuds. Les voyages de nuit sans transbordement seront une grosse amélioration pour les gens d'affaires et les gens pressés. Pour faire les services de jour à leur vitesse actuelle, il faudrait agrandir beaucoup le bateau, chose impossible actuellement. Les bateaux à turbines resteraient donc en service, et les bateaux à roues du service de nuit seraient seuls réformés.

Le bateau proposé, tout en étant plus fort et mieux défendu contre la mer que les paquebots actuels du détroit, aura des qualités nautiques au moins équivalentes.

L'embarquement et le débarquement des wagons sur ce bateau présentent des difficultés spéciales à cause de l'importance des variations de niveau dues à la marée dont l'amplitude peut atteindre 7 m à Calais. Mais il faut remarquer que l'on raccorde les voies du quai, à niveau fixe, avec les voies flottantes, plus hautes que le quai à pleine mer, plus basées que le quai à basse mer ; la différence de niveau se partage donc, et le cas le plus défavorable du projet, qui se présente exceptionnellement aux basses mers d'équinoxe, correspond pour le bateau étudié à 4,60 m.

Un ascenseur de pareille course devait, pour éviter les pertes de temps, offrir une longueur de voie égale à celles du navire. On lui a préféré depuis un dispositif caractérisé par une passerelle principale articulée au terre-plein, équilibrée par des contrepoids et, par suite, manœuvrée facilement, formant rampe d'accès à inclinaison réglable suivant la marée et qu'on cale pour le passage des trains. Cette passerelle se raccorde au ferry lors de son accostage par une passerelle auxiliaire libre ou pont-levis, qui suit les dénivellations du bateau au passage des charges roulantes. Une grande passerelle de 100 m de long, rachetant des différences de niveau de 7 m, existe à la Nouvelle-Orléans, M. Legrand en montre des photographies et explique en quoi le projet étudié par la Compagnie de Fives-Lille pour la mise au point d'une conception de M. Ravier, lui est supérieur par l'application de l'équilibrage, des calages automatiques, des manœuvres et sécurités concentrées dans une cabine analogue à un poste d'aiguilleur.

Les avantages de la passerelle sur l'ascenseur sont les suivants :

1° Elle peut desservir des ferries boats d'une longueur indéfinie ;

2° Elle n'est pas manœuvrée sous charge, et en cas de pan... avarie, il n'y a pas de risques pour les wagons ;

3° Il n'y a aucune solution de continuité des voies, ce qui écarte ... chances d'accident et accélère les manœuvres.

En revanche, il y a des déclivités, qui pourront atteindre except... nellement 38 mm. Pour le cas où des rames très lourdes devraient ... remontées et pour donner une sécurité de plus aux manœuvres de trains de voyageurs de nuit, les manœuvres se feront avec des locom... tives de gare à adhérence supplémentaire sur un rail central du s... tème Hanscotte, construit par la Compagnie de Fives-Lille et emp... en particulier au chemin de fer du Puy-de-Dôme. Ces machines ret... dront les trains en les précédant sur la rampe, ce qui évitera to... chance de rupture d'attelage.

M. Legrand explique comment, en Danemark, le bateau s'en... entre des estacades munies de tampons à ressort qui le renvoient d... la position de raccordement au pont-levis. Ce pont-levis est constru... manière à pouvoir se déformer dans le sens transversal, pour accom... gner le bateau lorsqu'il vient à s'incliner par suite d'une dissymétrie ... la charge. Il en résulte un dévers de l'un des rails d'une voie par r... port à l'autre ; et pour ne pas sortir des règles pratiquées par le Chemin de fer du Nord, il a fallu adopter pour le Pas-de-Calais une longue... minima de 30 m pour le pont-levis (comme à Gjedser), et en ... réduire la bande possible du bateau (qui est à Gjedser tolérée de ... en faisant à la fois les mouvements de garnissage et de dégarnissa... sur les voies latérales.

M. Legrand indique ensuite quels sont les emplacements que l'on s... propose d'occuper dans les ports et les procédés de construction.

La projection cinématographique de vues d'un débarquement de trains à Gjedser montre avec quelle rapidité et quelle sécurité un fer... à deux hélices et à deux voies peut transborder un train composé ... trois grandes voitures à bogies et de six fourgons couverts.

Les bateaux projetés pour le Pas-de-Calais sont plus forts de moi... et les wagons y seront complètement abrités. On ne supprim... évidemment pas le mal de mer, mais la solution provisoire des fer... fera faire de grands progrès aux échanges de marchandises délicates ... périssables, et améliorera le sort des gens pressés ou économes qui doi... vent voyager la nuit, sans parler des malades qui vont sur la C... d'Azur ou en Suisse et que le transbordement expose et fatigue.

M. le Président remercie M. Legrand de sa communication si intéressante et si documentée.

M. Bidermann a la parole pour sa communication sur *les Progrès récents de la construction des machines à imprimer.*

M. Bidermann dit qu'il passera en revue les perfectionnements apport... aux machines à imprimer et particulièrement aux machines typographiques et lithographiques pour répondre aux besoins nouveaux de l'imprimerie.

Deux inventions ont principalement contribué au développement de la typographie : les machines à composer et la similigravure. L'impres-

sion des similigravures exige l'emploi de machines particulièrement robustes et d'un encrage perfectionné.

M. Bidermann rappelle que les machines à imprimer se classent en trois catégories principales. 1° Les machines à platine dans lesquelles la forme, caractères et clichés, est placée sur un marbre plat et la contre-partie sur laquelle so place la feuille est également plate;

2° Les machines plates à cylindre dans lesquelles la forme et le marbre qui la porte restent plats, mais le papier est placé sur un cylindre;

3° Les machines cylindriques ou rotatives dans lesquelles la forme plate est remplacée par des clichés cylindriques.

Avant d'étudier ces trois catégories de machines, M. Bidermann décrit quelques parties qui leur sont communes :

L'encrage qui est appelé plat ou cylindrique suivant la forme de la table sur laquelle se fait la distribution, c'est-à-dire la répartition en couche uniforme, de l'encre; un type plus récent qui comprend à la fois des tables plates et cylindriques s'appelle encrage mixte.

La marge, c'est-à-dire les appareils permettant de mettre régulièrement les feuilles de papier dans la machine, soit que cette opération soit faite à la main, soit que les feuilles soient coupées dans du papier en bobines et soient introduites mécaniquement dans la machine, soit enfin qu'on emploie des appareils dits margeurs automatiques qui prennent les feuilles une à une sur une pile pour les mettre automatiquement dans la machine.

Machines à platine. — Cette catégorie comprend toutes les machines à pédale du type Minerve, notamment « la Nationale » de la maison Hachée, les machines à cartes de visite et enveloppes Hariel, et les machines très robustes avec encrage perfectionné comme l'Héraclès de la maison Voirin.

Machines plates à cylindre. — La première machine de ce type a été construite en 1814 par Kœnig.

Le type de machine en blanc, c'est-à-dire, imprimant un seul côté de la feuille, — le plus répandu a été créé par Dutorte, — c'est la machine à arrêt de cylindre qui donne 1 000 à 1 200 exemplaires à l'heure et qui, grâce aux perfectionnements les plus récents, en donnera 1 800. Pour atteindre cette dernière vitesse on emploie plutôt des machines à rotation continue du cylindre et en particulier les machines deux tours, ainsi appelées parce que le cylindre fait deux tours pour un exemplaire.

M. Bidermann décrit les machines en blanc des maisons Alauzet, Chapot, Taesch, Voirin et Lambert. Il indique les difficultés que rencontrent les constructeurs pour faire aller et venir, à raison de 1 800 ou 2 000 allées et venues de 1m50 à 2 mètres de long par heure, des masses qui dépassent souvent 2 000 kg. et les différentes solutions de ces difficultés.

Il décrit les machines en blanc à plusieurs couleurs et en particulier les machines à deux, trois et quatre couleurs à transporteur du système Lambert.

Enfin il dit quelques mots des machines imprimant recto et verso appelées machines doubles ou à retiration, machines Alauzet, machines Chapot à deux cylindres fixes et machine monocyclette à un seul

cylindre mobile, et aussi des machines à réaction employées pour les journaux à faible tirage et notamment la machine Derriey à papier en bobines.

Il montre les machines à réaction à quatre margeurs auxquelles ont succédé en 1867 les premières rotatives.

Machines rotatives. — Ces machines emploient des clichés cylindriques obtenus en prenant l'empreinte de la forme au moyen d'une espèce de carton appelé flan. M. Bidermann montre le matériel créé par les maisons Marinoni et Derriey pour presser le flan, le sécher, couler dans un moule le métal sur le flan; laminer le cliché, le fraiser, l'échopper. Il montre ensuite les principaux types de machines rotatives de ces deux maisons. Machines à quatre pages avec ou sans plieuse, avec ou sans retournement, machines modernes à 4, 6, 8, 10 et 12 pages donnant 4000[?] journaux à l'heure. Machines multiples du type américain, machines à imprimer en plusieurs couleurs, machines à formats variables, machines à imprimer et coudre les brochures avec couverture.

Enfin M. Bidermann montre l'application à la lithographie du type rotatif grâce à l'emploi d'une feuille d'aluminium. La roto métal Voirin produit le double d'une machine plate.

En terminant M. Bidermann signale la prochaine Exposition Nationale de l'Imprimerie organisée dans une des serres de la Ville de Paris par le Syndicat des Constructeurs de machines à imprimer.

Elle aura lieu du 12 au 31 juillet. Des cartes seront mises à la dispo-tion de la Société.

M. le Président remercie M. Bidermann de son intéressante communication; les progrès réalisés par les constructeurs français de machines à imprimer seront consacrés par l'Exposition qui doit s'ouvrir le mois prochain, et que de nombreux membres de la Société iront certainement visiter.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch.-M. Bonnin, P. Desforges, L.-A. Garaud-Rigones, A. Gras, E.-G. Hugentobler, J. Legrand, A.-L. Riardant, L.-H.-F. De Sailly, C. de Toro Herrera, M. Lambert, comme Membres Sociétaires Titulaires; M. J. Martin, comme Membre Associé et M. da Rocha Filho, A.-G., comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. H.-H. Blot. A.-D,-J. Bourlet, F.-X.-J.-A. Delas, J.-M. Espana, L.-F. Hermitte, P.-M. Lavaur, P.-J. Lemay, P. Petit, F.-J. Rennotte, J. Storm, Ch. J. Théry, A.-L. Desgorces sont admis comme Sociétaires Titulaires; MM. A.-F.-P. Delaporte, G.-V. Vernes sont admis comme Membres Sociétaires Assistants.

La séance est levée à minuit un quart.

L'un des Secrétaires techniques.
P. Schubler.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 JUIN 1908

Présidence de M. J. Bergeron, Président de la quatrième Section.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président présente les excuses de M. Reumaux, actuellement au Congrès de l'Industrie minérale, à Saint-Étienne, et de M. Barbet, absent de Paris pour raison de santé.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM.

Bouvard P.-M.-L., Ancien élève de l'École Centrale 1857, Membre de la Société depuis 1872, Chevalier de la Légion d'Honneur, ancien chef du service des aciéries aux usines du Creusot, administrateur-délégué de la Société générale de Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries en Russie (usines à Makievka, Donetz).

Delaroière E.-J., Ancien élève de l'École Centrale (1867), Membre de la Société depuis 1871, a été fabricant de sucre et distillateur.

Magnère A., Membre de la Société depuis 1904, Industriel (tannerie, fabrique de chaussures et fonderies de suifs et graisses).

Mouchel L.-G., Membre de la Société depuis 1902, a été directeur de houillères en Angleterre et s'est occupé de la construction en béton armé, système Hennebique, dans ce même pays.

Davies M.-W., Membre de la Société depuis 1904, Ingénieur-Conseil (mines, travaux publics, etc.), en Angleterre.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

M. le Président est heureux d'annoncer que le doyen d'âge de la Société, M. J. Gaudry, a, pour la cinquième fois, versé une somme de 1 000 f pour le fonds de secours, à l'occasion du soixantenaire. Un des fondateurs de la Société, M. J. Durenne, à l'occasion également du soixantenaire, a aussi remis une somme de 400 f avec la même affectation. M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière en adressant à ces Collègues les plus chaleureux remerciements pour ce témoignage de sympathie.

M. Montero y Paullier a également fait don d'une somme de 28 f au profit du fonds de secours. M. le Président adresse à ce collègue les remerciements de la Société.

M. le Président dit que le cinquième Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux se tiendra à Copenhague dans les premiers jours de septembre 1909. Les documents relatifs à ce Congrès sont déposés à la Bibliothèque.

Le deuxième Congrès international de la prévention du feu et des accidents, qui devait avoir lieu au mois d'août prochain, est reporté aux 14, 15, 16, 17 et 18 octobre.

M. A.-J. Bourdariat a été nommé Membre Titulaire du Conseil d'Administration de la Colonie de Madagascar et dépendances.

M. le Président dit que dans la séance de ce jour doit avoir lieu la proclamation des Lauréats des prix que la Société a à décerner cette année.

En ce qui concerne le *Prix Giffard 1905 prorogé 1908 et le Prix Giffard 1908*, dont les sujets de concours étaient déterminés, aucun mémoire n'a été remis. Conformément aux traditions, la valeur du premier de ces prix a été versée au fonds de secours, et la Commission du prochain sujet de concours devra décider s'il y a lieu de proroger le prix Giffard 1908 avec le même sujet de concours ou autres modifications. Cette décision sera portée à la connaissance de la Société, conformément au Règlement, dans la première séance de décembre prochain. La Commission du sujet de concours est composée du Président de la Société, du Vice-Président de la Société, des six Présidents de Section et de deux anciens Présidents de la Société, MM. Loreau et Hillairet.

Prix annuel. — Le jury a été unanime pour décerner le *Prix Annuel* à M. R. Esnault-Pelterie pour ses travaux et son mémoire sur un « moteur extra-léger à explosion ». M. R. Esnault-Pelterie a fait l'application de son moteur à son appareil d'aviation, avec lequel il a obtenu déjà des résultats fort intéressants. M. le Président est heureux de remettre à M. Esnault-Pelterie la médaille du Prix annuel.

Prix Couvreux. — Le jury a attribué ce Prix à M. Georges Hersent, frère du Président de la première section du Comité, pour son mémoire sur « les travaux du port de Rosario ». Ce mémoire montre l'ensemble des travaux importants qui ont été prévus, exécutés ou qui restaient à faire pour mener à bien l'exécution complète et de toutes pièces d'un port des plus importants. Les développements de ces travaux peuvent avoir une grande répercussion sur l'influence française dans la République Argentine. M. le Président se félicite de pouvoir remettre à M. Georges Hersent la médaille du Prix Couvreux.

M. le Président rappelle que, sur la demande de la deuxième Section, la Commission technique de l'Automobile-Club de France, dont le Président est M. A. Loreau, ancien Président de la Société, et l'Ingénieur du Laboratoire, M. G. Lumet, a bien voulu réserver à la Société, dans la me-

sure du possible, la primeur des communications intéressantes se rapportant soit aux expériences, soit aux concours organisés par l'Automobile-Club ou par sa Commission technique.

M. le Président donne la parole à M. G. Lumet pour le compte rendu des *Résultats du concours de véhicules industriels.*

M. G. Lumet rappelle tout d'abord qu'en 1905, à l'issue du premier grand concours de véhicules industriels, il fit devant la Société une communication sur les résultats de cette épreuve et les compara à ceux obtenus dans les concours précédents.

Quatre nouvelles épreuves de véhicules industriels furent, depuis cette époque, contrôlées par l'Automobile-Club de France ; deux furent disputées en 1906, l'une en juin, avec la collaboration de l'Automobile-Club du Nord, dans la région du Nord, à l'occasion de l'Exposition internationale des industries textiles à Tourcoing, l'autre, en collaboration avec le Ministère de la Guerre, Paris-Marseille-Paris, en décembre. En 1907 et en 1908 furent organisées par l'A. C. F. deux nouveaux concours très importants.

M. Lumet dit que l'objet de sa communication est tout d'abord de donner les grandes lignes de l'organisation et les résultats obtenus dans cette dernière épreuve, puis de suivre l'évolution du véhicule de transport industriel, à moteur à mélange tonnant, plus spécialement nommé « poids lourd », comme il le fit en 1905, et de poursuivre ainsi l'étude déjà commencée des résultats comparés.

Le concours de 1908, qui vient de se terminer, fut organisé par la Commission des concours de l'A. C. F., que préside M. le Marquis de Dion. Le contrôle des résultats techniques était confié à la Commission technique, que préside M. A. Loreau.

Un jury mixte, composé d'officiers délégués par l'autorité militaire et de membres des deux Commissions précitées, surveilla les opérations du concours, sous la présidence de M. le Général Laffon de Ladébat, sous-chef de l'État-major général de l'armée.

M. G. Longuemare, membre de la Société, remplissait les fonctions particulièrement importantes de Commissaire général du concours. Les véhicules étaient, aux gîtes d'étapes, placés dans des parcs rigoureusement fermés, et, pendant les étapes, constamment surveillés par des officiers-commissaires à bord des véhicules. Des contrôles volants étaient, de plus, organisés sur la route.

Les officiers-commissaires établissaient des rapports journaliers ; ils notaient tous les incidents de route et rendaient compte de ces incidents à l'arrivée au parc. Ces rapports étaient ensuite adressés à la Commission technique.

M. Lumet fait ensuite un exposé succinct du règlement ; il indique les catégories, les conditions de vitesse maxima et minima imposées, et aussi les conditions dans lesquelles certaines pièces, seulement, pouvaient être remplacées en cours de route. Les bandages pneumatiques n'étaient pas autorisés et il était interdit de changer de bandages (caoutchouc pleins, blocs de caoutchouc ou bandages métalliques).

Les véhicules ayant accompli tout le trajet dans les conditions impo-

sées, tant au point de vue vitesse qu'au point de vue des autres prescriptions indiquées plus haut, étaient seuls qualifiés pour l'épreuve de classement pendant laquelle on évaluait la consommation en combustible, en francs, les combustibles étant d'ailleurs définis, dans une liste connue des concurrents, par leur désignation et leur prix.

Le classement était obtenu par la formule $\frac{TC}{PD}$ dans laquelle T représente le temps (temps limité, toutefois, à la valeur correspondant à un maximum de vitesse imposé, variable suivant les catégories), C la consommation totale, en francs, de combustible, P la charge utile transportée, carrosserie comprise, D la distance parcourue.

L'itinéraire s'étendait dans le Nord et l'Est de la France et rayonnait en étoiles, autour de quelques grandes villes : Rouen, Amiens, Lille, Reims, Nancy, Dijon. De Dijon, les véhicules, par Auxerre et Fontainebleau, regagnaient Paris.

L'itinéraire était divisé en 23 étapes, qui correspondaient à un total de 3 001 km pour les véhicules de transport de marchandises, et de 3 924 km pour les véhicules de transport en commun et fiacres. Pendant l'avant-dernière étape était effectuée l'épreuve de consommation.

M. Lumet dit que 47 véhicules participaient au concours ; il dit comment ils se répartissaient dans les catégories et donne des indications sur leurs caractéristiques et plus particulièrement sur la puissance des moteurs.

Il donne enfin les conclusions du rapport approuvé par la Commission technique.

Conclusions. — De même qu'en 1907, on doit enregistrer la tendance qu'ont eue les constructeurs à établir, pour le Concours, des véhicules portant une charge utile (sans carrosserie) comprise entre 2 500 et 3 500 kg. Il faut noter que cette tendance est née des conditions posées par l'autorité militaire. Au point de vue consommation, on notait, en 1907, des chiffres de 0,063 l à la tonne kilomètre totale avec l'essence comme combustible et, cette année, on note, pour le même combustible, les chiffres de 0,063 l ; 0,062 l ; 0,060 l ; 0,055 l ; 0,054 l ; 0,053 l ; 0,042 l ; 0,039 l et cela pour des véhicules de caractéristiques assez voisines.

Avec le benzol, les chiffres de consommation à la tonne kilomètre totale sont de 0,058 l ; 0,055 l ; 0,053 l ; 0,048 l ; 0,043 l ; 0,041 l, chiffres voisins des précédents.

Avec le white spirit on a relevé des chiffres de 0,056 l ; 0,055 l ; 0,039 l ; 0,036 l ; 0,027 l.

Dans la catégorie « *fiacres* » la consommation en alcool carburé 50 0/0 avait été l'an dernier, pour les résultats les meilleurs, 0,104 l ; 0,105 l ; et cette année, avec le même combustible, on a obtenu 0,096 l ; 0,086 l ; 0,075 l et 0,053 l.

A la tonne kilomètre totale, on avait atteint, en 1907, le chiffre de 0,091 l et cette année on a obtenu le chiffre de 0,043.

Ces résultats sont particulièrement intéressants à noter, car ils mar-

quent un progrès indéniable, alors même qu'on puisse objecter des conditions plus favorables au point de vue de la route.

Lors du concours dernier le rapport disait : « Le Concours de 1907 a démontré que les roues ne sont pas faites pour ces vitesses ; que les bandages sont arrachés, que les blocs de caoutchouc volent en éclats ». Ces conclusions ne sauraient être les mêmes cette année.

Le programme du concours tint compte des observations que la Commission technique de l'A. C. F. avait approuvées et cette année on n'eut plus à enregistrer les mêmes incidents.

Les bandages caoutchouc sont en parfait état. Certains, seuls, sont écaillés et, encore, faut-il attribuer ces avaries plutôt aux bandages eux-mêmes qu'aux services qu'on exige d'eux, puisque certains d'entre eux soumis aux mêmes efforts, mais de marques différentes, étaient absolument intacts. Il est certain que s'il faut tenir compte des conditions dans lesquelles on utilise la puissance motrice, il faut tenir compte également des conditions dans lesquelles les voitures sont conduites.

Les bandages en fer ne semblent pas avoir donné les résultats espérés par l'autorité militaire.

Les plus expresses réserves avaient été formulées sur l'usure possible du châssis provenant des trépidations dues au défaut d'élasticité des bandages. Le temps, pluvieux tout d'abord, puis particulièrement favorable et chaud dont on bénéficia pendant le concours, mit en très mauvaise posture les roues à bandages fer.

Lorsque l'on examine ces roues on voit que : 1° le métal a subi une compression telle qu'il a été écrasé, qu'il a débordé des deux côtés de la jante en bois, formant des boudins métalliques qui tendent à se cisailler au droit du plan des faces avant et arrière de la jante en bois. Pour certains véhicules, une bavure seule existe des deux côtés ; 2° non seulement le bandage a éprouvé les effets nuisibles de la compression, mais encore il a travaillé à la traction ; le bandage s'est allongé et, la chaleur aidant, les jantes en bois se sont disjointes, et dans certains véhicules elles ont abandonné la roue.

Les conditions du concours imposaient aux véhicules des vitesses maxima différant suivant les catégories ; de plus, les commissaires arrêtaient les véhicules en des points de sectionnement, ce qui rendait inutiles les excès de vitesses si funestes aux bandages en caoutchouc. Ces conditions jointes à l'impossibilité où se trouvaient les concurrents de changer les bandages firent qu'on n'eut pas à enregistrer d'excès de vitesse.

Or, les vitesses moyennes réalisées sont très comparables à celles de l'an passé et on peut, par suite, conclure à la plus grande régularité de marche des véhicules. La conduite sage d'un véhicule industriel, la progressivité dans les démarrages et dans les freinages sont des facteurs très importants de l'économie dans l'usure des bandages en caoutchouc et l'on peut enregistrer avec satisfaction que les conditions du concours, qui conseillaient cette manière d'agir, en ont mis ces avantages en complète évidence.

Au cours de l'étape pendant laquelle on releva les consommations, le sectionnement de la route n'existait plus, les concurrents étaient libres

de marcher à la vitesse qui leur convenait sans que, toutefois, dans les calculs, cette vitesse puisse intervenir au delà des vitesses maxima imposées. Pour cette épreuve, les voitures étaient dans des conditions spéciales, tout à fait à la fin du concours. Il s'agissait de faire rendre au moteur son maximum d'effet utile, au point de vue de l'utilisation du combustible. Les concurrents connaissaient les conditions de vitesse angulaire, correspondant au maximum du couple moteur, c'est-à-dire la vitesse angulaire du moteur à laquelle correspondait la meilleure utilisation des cylindrées. Or, la route était sensiblement plane, ils savaient par suite quelle vitesse linéaire devaient posséder leurs véhicules et ils bénéficiaient ainsi de leurs observations judicieuses.

Les combustibles donnent lieu à d'intéressantes observations.

Des prélèvements d'échantillons ont été faits, les analyses par distillations fractionnées ont été faites, avec le plus grand soin, par M. Ventou-Duclaux, et les résultats de ces analyses sont publiés.

Il faut conclure que :

1° Pour le white spirit, la distillation a été effectuée entre 48 degrés et 137 degrés et que cette distillation a été parfaitement régulière, indiquant un produit bien homogène, cœur de distillation, très intéressant au point de vue de sa préparation qui relève surtout des travaux ordinaires d'un laboratoire ;

2° En ce qui concerne le benzol, d'après les indications que fournissent les excellentes études de M. Sorel, il est possible de conclure que, d'après l'analyse par distillation fractionnée, on se trouve en présence d'un produit qui, pour les huit dixièmes, est composé de benzine cristallisable avec addition de toluène. On constate de plus qu'en fin de distillation la température de 112 degrés est atteinte, alors que le point fixe noté par Sorel pour le toluène est de 111 degrés. Il est, par suite, possible de conclure à l'absence de xylène qui entre, cependant, dans la composition du benzol commercial. Au point de vue purement mécanique, il faut noter d'assez nombreux encrassements de bougies, gommages de soupapes, échauffements de moteurs, pour les moteurs marchant au benzol, indiquant une étude insuffisante d'un combustible nouveau et intéressant.

Ces incidents se reproduisent pour les moteurs marchant au white spirit. Ceci est une occasion nouvelle d'indiquer que l'on doit considérer comme une des conditions les plus favorables pour un règlement de concours de véhicules industriels le choix d'un combustible unique, *sorti d'un même tonneau*, pour tous les véhicules.

Cette condition semble correspondre à une théorie qui apparait très rationnelle : à savoir qu'à un moteur de caractéristiques déterminées ne convient qu'un combustible bien déterminé.

Il faut noter un point intéressant de ce concours qui résulte de l'emploi, imposé par l'autorité militaire, d'alcool carburé 50 0/0 pendant plusieurs étapes. Aucune observation n'a été relevée dans les rapports des commissaires et la seule modification apportée était, le plus généralement, un changement de gicleur dans le carburateur.

Dans la deuxième partie de sa communication, M. Lumet montre, par des graphiques, les progrès accomplis depuis 1897. Dans ces graphiques,

à chaque année, correspond un point obtenu en calculant la moyenne arithmétique des résultats réalisés par des véhicules comparables entre eux.

Il étudie ainsi les variations du poids total, de la charge utile et du coefficient d'utilisation des véhicules. Puis il indique également par des graphiques les progrès réalisés dans l'économie des transports industriels, tant au point de vue de la consommation à la tonne totale kilomètre qu'au point de vue de la vitesse moyenne de transport.

M. R. Arnoux dit que les concours de voitures automobiles se sont divisés en deux catégories : la course de vitesse et le concours dans lequel on tient compte des autres facteurs que la vitesse.

M. R. Arnoux reproche aux courses de vitesse, excellentes au début, d'avoir lancé l'industrie automobile dans la construction de voitures de plus en plus puissantes, et très lourdes ; pour les voitures de tourisme comme pour les poids lourds on a dépassé la limite de résistance du caoutchouc, la seule matière qu'on possède actuellement pour interposer entre la jante des roues et le sol, et, par conséquent on est arrivé à des frais d'entretien de bandage prohibitifs.

M. Arnoux estime qu'il convient de ne plus faire de voitures de tourisme de plus de 2 t en ordre de marche avec des moteurs dépassant 20 ch, et de s'en tenir, pour les poids lourds et les autobus, à des voitures de 2 t à vide et de 4 t en charge avec des moteurs également de 20 ch au maximum.

Dans la catégorie des poids lourds, la voiture automobile n'est qu'un outil de transport, donc son coefficient de mérite, et par suite de classement, doit être donné par la formule :

$$M = \frac{PVD}{C} \qquad [1]$$

dans laquelle P est le poids transporté, D la distance franchie, V la vitesse réalisée, C la consommation de combustible. Cette formule, que M. Arnoux a déjà fait connaître à la Société dès mai 1901, donne pour chaque véhicule ce que l'on peut appeler sa *capacité de transport* par litre ou par kilogramme de combustible. Cette formule peut s'écrire :

$$M = P.\frac{D}{T}\frac{D}{C} = \frac{PD^2}{TC} \qquad [2]$$

en remarquant que la vitesse moyenne $V = \frac{D}{T}$, T étant le temps employé pour parcourir D. La formule 2 fournit un coefficient de classement dont la valeur M est *indépendante* de la longueur du parcours adopté et permet de comparer des véhicules ayant pris part à des concours différents sur des circuits de longueur différentes, et, par suite, de juger des progrès accomplis ; chose que M. Arnoux reproche à la formule inverse $\frac{TC}{PD}$ choisie par la Commission des Concours de l'Automobile-Club de ne pouvoir permettre de faire connaître.

Passant aux voitures destinées au tourisme et aux courses, M. Arnoux

fait remarquer que pour elles le poids transporté doit être remplacé par le nombre N des voyageurs ; en outre, il faut faire intervenir dans la formule la vitesse moyenne réalisée. Pour cela il suffit d'observer que les résistances s'opposant à la progression d'un véhicule sont de deux ordres : résistance au roulement proportionnelle au poids de la voiture, résistance de l'air et des cahots de la route proportionnelle au carré de la vitesse.

Pour les faibles valeurs de cette dernière, la résistance au roulement est la seule qui chiffre.

Pour les vitesses beaucoup plus élevées que permettent de réaliser les voitures de tourisme et surtout les voitures de courses, c'est la résistance de l'air et des cahots de la route qui devient prépondérante, et comme cette dernière varie comme le carré de la vitesse, c'est au carré qu'il convient d'introduire le facteur vitesse dans la formule destinée au classement des véhicules de cette catégorie.

Dès lors le travail développé par le moteur de la voiture étant sensiblement proportionnel au produit du carré de la vitesse moyenne réalisée par la longueur totale D du parcours, le quotient de ce produit par la consommation totale C du combustible fera connaître le rapport du travail fourni à la consommation correspondante en combustible, et on aura comme formule de classement des véhicules de cette catégorie:

$$M = \frac{V^2 D}{C} \qquad [3]$$

ou en observant que $V = D : T$, T désignant la durée du parcours:

$$M = \frac{D^2}{T^2} \cdot \frac{D}{C} = \frac{D^3}{T^2 C} \qquad [4]$$

Comme la formule précédente, cette dernière présente l'avantage de fournir pour M des valeurs *indépendantes* de la longueur D du parcours adopté et par conséquent de rendre comparables entre eux les résultats fournis par des courses ou des concours successifs et de juger ainsi des progrès accomplis.

M. le Président remercie M. Lumet de son compte rendu si intéressant et si documenté; il exprime, au nom de la Société, toute sa gratitude à l'Automobile-Club. Il remercie également M. Arnoux des observations qu'il a présentées.

M. L. Guillet a la parole pour sa communicatoin sur *les tendances actuelles de la fabrication des alliages*.

M. L. Guillet, après avoir rappelé que sa communication ne porte que sur les alliages et non sur les métaux commerciaux, passe en revue les différentes sortes d'alliages, à savoir :

1° *Aciers ordinaires*. — A signaler : l'extension considérable de l'électrosidérurgie. Le four électrique pénètre, à l'heure actuelle, dans l'usine sidérurgique ordinaire où la force électrique est fournie par les gaz des hauts fourneaux ;

2° *Les aciers spéciaux.* — Ils présentent quatre tendances bien nettes :
a) L'augmentation des propriétés mécaniques telles qu'on est habitué à les définir.

On peut obtenir couramment sur aciers trempés et revenus :

R = 150, E = 130, A 0/0 = 6, Choc = 11

(sur barreaux entaillés).

Pour obtenir ces chiffres élevés, on a souvent introduit du vanadium dans l'acier.

M. Guillet rappelle les résultats obtenus avec ce corps et les précautions qu'il nécessite. Il montre ensuite les résultats très importants obtenus à l'étranger avec un acier chrome-vanadium pour matrices et pour roues de chemin de fer, ainsi que pour la cémentation; il appelle l'attention sur des essais faits en Amérique sur des plaques de blindage vanadiées, qui ont donné d'excellents résultats;

b) La simplification d'un traitement thermique.

Cette question très importante a conduit à la création de types qui, après la trempe (à l'eau ou à l'huile), n'ont pas besoin de revenu.

A signaler d'une façon toute spéciale les aciers prenant la trempe à l'air : ce sont (comme aciers de construction) des aciers renfermant du nickel, qui sont sur la limite des aciers martensitiques.

M. Guillet donne à ce sujet de nombreux résultats d'essais sur ces aciers et montre combien leur composition doit être précise;

c) La création d'aciers spéciaux à teneur assez élevée en carbone pour engrenages : ceci afin de diminuer l'usure par frottement. On est arrivé à des teneurs en carbone comprises entre 0,600 et 0,700;

d) L'abandon presque général des aciers à fer γ, qui sont d'un prix trop élevé puisqu'ils renferment des hautes teneurs de nickel ou de manganèse, d'un usinage très difficile et d'une limite élastique relativement basse, et la généralisation de l'emploi d'aciers spéciaux pour la cémentation. Ces aciers renferment 6 à 7 0/0 de nickel et 2 à 1 0/0 de chrome, avec très peu de carbone.

M. Guillet insiste sur l'avantage que présentent ces aciers et sur la théorie de leur traitement simple.

Les essais alternatifs prennent à l'étranger une grande importance et certains aciers spéciaux, qui ne donnent pas des résultats extraordinaires par les méthodes d'essais habituels, donnent, au contraire, des résultats remarquables dans les essais alternatifs et dans la pratique;

3° *Alliages ferro-métalliques.* — La tendance actuelle dans la fabrication de ces alliages consiste surtout dans l'obtention de produits à teneurs extrêmement élevées, tels que, par exemple, le silicium à 98 et 99 0/0.

M. Guillet se demande si dans la gamme de tous les ferro-siliciums, par exemple, tous les alliages agissent de la même façon sur un bain d'acier pour l'affiner.

Il signale l'emploi d'alliages ferro-métalliques dans d'autres buts que ceux de la fabrication des aciers spéciaux et de l'épuration d'aciers ordinaires.

Il attire l'attention sur le ferro-chrome à 3 et 4 0/0 de carbone et 18 à 20 0/0 de chrome, qui constitue d'excellents outils;

4° *Alliages de cuivre.* — M. Guillet rappelle l'importance de l'affinage des bronzes et de leurs traitements thermiques et mécaniques, et présente des tableaux résumant les propriétés mécaniques.

De même, il attire l'attention sur les propriétés mécaniques que l'on peut trouver dans les laitons spéciaux et dans les bronzes d'aluminium.

Enfin, faisant l'historique des alliages à frottement, il montre que jusqu'à ces derniers temps on a trouvé que la structure la plus convenable pour métaux à frottement consistait dans un constituant dur enchâssé dans un autre corps plus mou.

Les bronzes au plomb, d'une part, et surtout les alliages d'aluminium que l'on commence à utiliser, montrent que les recherches sur les alliages à frottement prennent une autre voie.

Enfin, M. Guillet tient à détruire les légendes qui se sont créées autour de certains alliages d'aluminium, qui donneraient des résultats remarquables : il tient à indiquer les résultats les plus élevés qu'il a trouvés et qui se résument ainsi sur *alliages laminés et recuits* :

$$R = 22, \qquad E = 7, \qquad A\ 0/0 = 20.$$

Enfin, après avoir dit quelques mots sur le moulage sous pression, M. Guillet attire l'attention sur l'importance industrielle des recherches scientifiques faites à l'heure actuelle sur les alliages et montre tout le parti que l'on peut tirer des diagrammes tracés dans les laboratoires.

M. le Président remercie M. Guillet d'avoir répondu si complètement à l'attente de la quatrième section, qui lui avait demandé cette communication. M. Guillet a dit que la science devait son appui à l'industrie ; M. le Président croit que la science pourra un jour profiter à son tour des progrès de l'industrie.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A. Bardeau, H.-A. Carles, A.-J. Carpentier, Ch.-A. Cayatte, J.-J.-M. Dubreucq-Pérus, E. Gautronet, A. Grenon, F. Hoton, J. Krassnoff, E. Prinçaud, E. Marie, E. Arrego Pardo, A. Liguori, U. Samatan, E. Schnoor, R. Torretti, comme Membres Sociétaires Titulaires ; MM. F. Robin, M.-M. Vezet, comme Membres Sociétaires Assistants, et M. E. Duprat, comme Membre Associé.

MM. Ch.-M. Bonnin, P. Desforges, L.-A. Garaud-Rigonès, A. Gras, E.-G. Hugentobler, J. Legrand, A.-L. Riardant, L.-H.-F. de Sailly, C. do Toro Herrera, M. Lambert, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires ; M. da Rocha Filho A.-G., comme Membre Sociétaire Assistant et M. J. Martin comme Membre Associé.

La séance est levée à onze heures vingt.

L'un des Secrétaires techniques.

P. Schuhler.

LA PHOTOTÉLÉGRAPHIE (1)

PAR

M. G. CERBELAUD

A toute science nouvelle, il faut un nom nouveau. Nous intitulerons donc cette communication : *La Phototélégraphie*, au lieu du nom de *Téléphotographie*, employé à tort, car ce dernier néologisme sert plus exactement à désigner un procédé de photographie des objets éloignés, par adjonction à l'objectif d'un système *télescopique*.

L'expression de *phototélégraphie*, au contraire, indique clairement qu'il s'agit de transmettre *télégraphiquement* une image photographique.

L'idée de la transmission des images à distance, au moyen des courants électriques, n'est pas nouvelle.

Dès 1851, Backwell, puis l'abbé Caselli en 1855 et d'Arlincourt en 1872, combinaient des télégraphes écrivants qui permettaient de transmettre non seulement l'écriture, mais encore des dessins au trait, c'est-à-dire formés uniquement de *noirs* et de *blancs* sans teintes intermédiaires.

C'est un Français, *M. Senlecq*, d'Ardres (Pas-de-Calais), qui a entrevu, le premier, en 1877, la possibilité d'envoyer à distance des images photographiques, avec toute leur gamme de demi-teintes, en utilisant le *sélénium*.

Ce métalloïde, voisin du soufre, du phosphore et du tellure, possède la curieuse propriété de devenir plus ou moins bon conducteur de l'électricité selon qu'il reçoit des impressions lumineuses plus ou moins vives ; autrement dit, de transformer les impressions lumineuses variées qu'il reçoit en courants électriques d'intensité correspondante.

Une foule de novateurs, tels que Païva, Ayrton et Perry, Carrey, Bidwell, etc., et, plus récemment, M. Carbonnelle, en Belgique, et, de nouveau, M. Senlecq, en collaboration avec M. Tival, en France, d'autres encore, ont cherché ou pour-

(1) Voir bulletin de mai, page 707.

suivent, par des moyens divers, la solution de ce passionnant problème.

Sans nous attarder à l'examen de toutes ces recherches, dont plusieurs marquent des étapes importantes dans les progrès de la *phototélégraphie*, nous nous limiterons à la description des trois systèmes qui sollicitent aujourd'hui plus particulièrement l'attention, en raison des résultats pratiques que leurs inventeurs ont déjà obtenus.

Ils se présentent, au point de vue des expériences publiques et des applications, dans l'ordre suivant :

Le système du professeur Korn, de Munich ;

Celui de M. Edouard Belin ;

Celui de M. Pascal Berjonneau.

Le premier est basé — comme l'appareil primitif de M. Senlecq — sur la propriété du sélénium que nous venons de rappeler.

Les deux autres excluent, au contraire, le sélénium et font usage de dispositifs purement mécaniques et électriques.

Le procédé Korn.

Les premières expériences du professeur Korn datent de 1902 : à cette époque, il se contentait de reproduire des dessins géométriques et des spécimens d'écriture.

Avec son appareil primitif, il fit, en 1904, une première série d'expériences sur le circuit téléphonique Munich-Nuremberg-Munich. Les résultats, quoique encourageants, ne furent pas parfaits ; les épreuves obtenues avaient l'aspect *flou*, par suite d'un défaut d'accord ou de synchronisme entre les postes expéditeur et récepteur, dû, en grande partie, comme nous l'expliquerons plus loin, à ce qu'on nomme *l'inertie du sélénium*.

Peu à peu, il perfectionna son procédé et, grâce à l'appareil en usage aujourd'hui, on obtient des résultats très acceptables.

Voici en quoi consiste cet appareil *(fig. 1)* :

Au poste de départ, se trouve un cylindre transmetteur vertical qui est animé d'un mouvement hélicoïdal, sous l'action d'un petit moteur électrique. Ce cylindre est en verre et à sa surface extérieure est enroulée l'épreuve *sur pellicule* à transmettre. Pendant son déplacement hélicoïdal, les rayons d'une lampe électrique de Nernst, concentrés au moyen d'une lentille sur un petit trou ménagé dans la chambre noire où le cylindre est

enfermé, viennent traverser successivement toutes les parties de l'image pelliculaire ; on comprend qu'ils les traverseront avec plus ou moins d'intensité suivant que les points de l'image exposés à leur action sont eux-mêmes plus ou moins transparents. Ces rayons — devenus d'intensité variable — rencontreront, à l'intérieur du cylindre de verre, un prisme à réflexion totale qui les projette sur une plaque cellulaire de sélénium disposée au-dessous du cylindre transmetteur. Cette plaque ou, comme on dit, cette *cellule* de sélénium est intercalée dans le circuit électrique qui relie le poste transmetteur au poste récep-

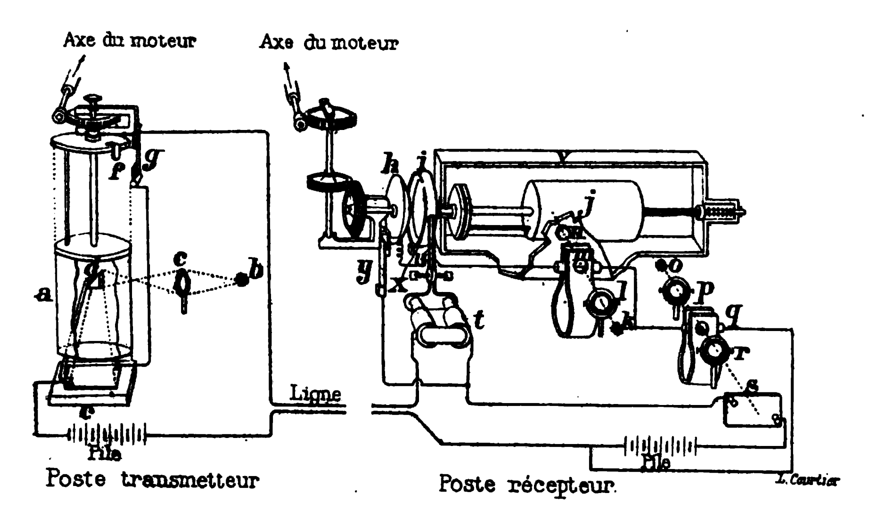


Fig. 1.

teur. On conçoit dès lors, qu'en vertu de la propriété du sélénium, que nous avons rappelée plus haut, le courant la traversera, avec des intensités correspondantes à celles des rayons lumineux qui la frappent.

En d'autres termes, le sélénium offrant plus ou moins de résistance au passage du courant, suivant qu'il est plus ou moins éclairé, traduira les vibrations lumineuses variées qu'il reçoit en variations correspondantes du courant qui le traverse.

Ces sortes de pulsations infiniment nombreuses du courant vont maintenant se succéder très rapidement dans la ligne qui relie le poste de départ à celui d'arrivée.

Au poste d'arrivée, un cylindre récepteur sur lequel est enroulée la pellicule sensible à impressionner, est renfermé dans une

chambre noire, où il reçoit par une très petite ouverture les rayons lumineux, concentrés par une lentille, provenant — comme au départ — d'une lampe de Nernst.

Sur le trajet des rayons de la lampe est intercalé un organe spécial, actionné par le courant de la ligne et dénommé par l'inventeur : *galvanomètre à cordes*. Ce galvanomètre n'a pas ici pour but de *mesurer* le courant, mais il est influencé par lui d'une façon correspondante à son intensité. L'appareil consiste en deux fils de cuivre extrêmement ténus sur lesquels est collée une petite feuille très mince d'aluminium ; il est fixé entre les pôles d'un électro-aimant. Quand les courants d'intensité variable traversent le galvanomètre, les fils de celui-ci sont déviés dans le champ magnétique d'une quantité également variable. Il en résulte que la succession très rapide de ces courants fait changer très rapidement aussi la position de la feuille d'aluminium, qui intercepte ainsi plus ou moins le rayon lumineux de la lampe électrique et laisse arriver plus ou moins de lumière sur le cylindre récepteur.

Ce dernier est animé du même mouvement hélicoïdal que le cylindre transmetteur, de sorte que tous les points de la pellicule sensible à impressionner, enroulée sur ce cylindre, se présentent successivement devant la petite ouverture par où pénètrent les rayons lumineux et reçoivent exactement la quantité de lumière qui leur convient pour reproduire le point correspondant de l'image de départ.

Quand la rotation hélicoïdale des deux cylindres est terminée, c'est-à-dire quand ils ont été complètement « explorés » par les rayons lumineux au départ et à l'arrivée, l'image est totalement transmise et il n'y a plus qu'à la développer suivant les procédés ordinaires.

La durée de transmission d'une épreuve 9×12 est d'environ douze minutes.

Le système de M. Korn comporte encore deux organes importants. C'est d'abord le dispositif de réglage destiné à assurer le synchronisme parfait entre le mouvement du cylindre de départ et celui du cylindre récepteur. On conçoit, en effet, la nécessité de cet organe sans lequel les images transmises seraient certainement déformées. Le dispositif adopté par M. Korn est analogue à celui de l'appareil télégraphique Baudot. La vitesse des deux cylindres est réglée de façon que le récepteur tourne un peu plus vite que le transmetteur (0,01 environ) ; mais, à chaque

tour, un arrêt très court se produit dans le récepteur, puis les deux cylindres repartent rigoureusement du même point. On évite ainsi l'accumulation des petits écarts de vitesse des deux appareils et on obtient une image pratiquement satisfaisante.

Un autre organe important est celui qui a pour objet de compenser ce que nous avons déjà appelé *l'inertie du sélénium.*

Le sélénium a, en effet, un fâcheux défaut: *il est paresseux.* S'il reçoit très vite les impressions lumineuses variées, il apporte une certaine nonchalance à les traduire électriquement. Il résulte de cette inertie qu'un reste de l'impression précédente persiste encore quand l'impression suivante agit déjà et que ces deux impressions viennent se superposer en partie sur la pellicule d'arrivée, au lieu de s'y juxtaposer nettement. D'où l'indécision et le flou des premières épreuves; d'où aussi le découragement des premiers inventeurs qui ont fait usage du sélénium.

M. Korn a vaincu cette difficulté en disposant, au poste récépteur, une seconde « cellule » de sélénium, dite « sélénium-compensateur ». Influencée par les courants de la ligne, elle apporte les mêmes effets d'inertie que la cellule du poste de départ, mais dans un sens opposé, de manière que les deux effets s'équilibrent et s'annulent (1).

Appareil Korn-Carpentier.

Dans ces derniers temps, l'appareil de Korn a été l'objet de nouveaux perfectionnements.

Celui qui est présenté à la Société et dont la figure 1 *(Pl. 163)* reproduit la vue d'ensemble sort des ateliers de notre éminent collègue, M. Carpentier, de l'Institut. Sous cette expression définitive il constitue, par l'agencement heureux des organes et la perfection d'exécution, une véritable merveille de mécanique de précision. Tout le fonctionnement en est réglé d'une manière automatique et chaque appareil forme un poste complet, c'est-à-dire qu'il comprend, à la fois, le transmetteur et le récepteur.

Résultats obtenus. — Les figures 2 et 3 *(Pl. 163)* représentent deux spécimens d'épreuves photographiques transmises au moyen de l'appareil Korn sur le parcours téléphonique de Munich à Berlin.

(1) La théorie de cet appareil a fait l'objet d'une note présentée à l'Académie des Sciences par M. Poincaré, dans le séance du 3 décembre 1906.

On remarquera les *rayures* qui strient, plus ou moins, ces épreuves, et qui ont paru, jusqu'ici — à l'égal des papillonnements du cinématographe — le défaut caractéristique de la phototélégraphie.

Elles sont dues au mouvement hélicoïdal des cylindres sur lesquels les pellicules sont enroulées. Ces stries qui semblent parallèles ne sont, en effet, que le développement, sur un plan horizontal, de spires très allongées. Elles forment comme les limites des tranches successives suivant lesquelles la pellicule a été impressionnée.

Nous verrons plus loin que, dans d'autres systèmes, on a cherché à atténuer ces rayures, en réduisant au minimum le pas de la vis qui donne aux cylindres leur mouvement hélicoïdal.

Système Belin.

Nous venons de voir que le *sélénium* est, pour ainsi dire, l'âme du système Korn. — M. Belin, au contraire, se passe du sélénium et c'est à l'aide d'un dispositif purement mécanique, qu'il

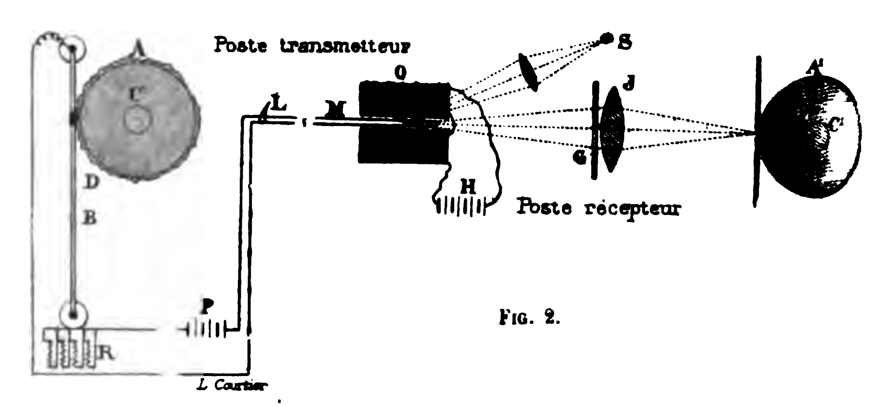


Fig. 2.

arrive à faire varier l'intensité du courant proportionnellement à celle de l'image à transmettre *(fig. 2)*.

Au départ, l'image à transmettre est enroulée sur un cylindre *plein (fig. 4, Pl. 163)* en métal disposé horizontalement. Elle est constituée par une épreuve *au charbon*, tirée sur papier un peu épais et présentant des reliefs proportionnels à l'intensité des teintes de l'image.

On sait que les épreuves dites « au charbon » s'obtiennent

avec un papier sensibilisé à la gélatine bichromatée, qui a la propriété de devenir insoluble quand elle est exposée à la lumière.

A la sortie du châssis-presse, on leur fait subir un lavage qui dissout plus ou moins la gélatine selon le degré d'opacité des diverses parties du cliché et l'on a finalement une épreuve qui présente des creux et des reliefs en rapport avec l'intensité des teintes de ce dernier.

Ces reliefs et ces creux, presque insensibles au toucher, sont néanmoins suffisants pour qu'une pointe très fine, en frottant sur l'épreuve, enregistre ces différences et les traduise en mouvements d'une amplitude correspondante, à l'extrémité du bras de levier auquel elle est fixée.

C'est, on le voit, quelque chose d'analogue au mécanisme du phonographe.

Quand on fait tourner le cylindre d'un mouvement hélicoïdal, la pointe *l'explore* sur toute sa surface, suivant des spires excessivement rapprochées (un sixième de millimètre, au lieu d'un demi-millimètre de l'appareil Korn).

Les différences de relief de l'image, traduites en mouvement à l'autre extrémité du levier, agissent, par l'intermédiaire d'une petite roulette, sur un rhéostat *(fig. 5, Pl. 163)* dont les touches sont formées de vingt lames d'argent isolées par du mica ou du papier verni, et reliées par des plots aux résistances de ce rhéostat. Cet appareil, intercalé dans le circuit de la ligne, envoie, dès lors, dans celle-ci une succession de courants d'une intensité proportionnelle à l'amplitude des mouvements du levier et des teintes correspondantes de la photographie originale.

A l'arrivée, nous retrouvons les mêmes principes généraux que dans l'appareil Korn, avec cette différence, toutefois, que le *galvanomètre à cordes* est remplacé par un *oscillographe de Blondel*, formé de deux grosses bobines entre lesquelles oscille un petit miroir de quelques millimètres de diamètre et d'une sensibilité extrême de mouvement. Ces mouvements du miroir sont rigoureusement proportionnels à l'intensité des courants reçus.

Le rayon venant de la lampe, réfléchi par le miroir de l'oscillographe, se projette sur une lentille où il produit une trace lumineuse qui se déplace plus ou moins, suivant les oscillations du miroir. Contre cette lentille, M. Belin applique une lame de verre dite *gamme de teintes (fig. 6, Pl. 163)* teintée graduellement depuis le noir jusqu'à la transparence absolue. Suivant la zone où il est projeté, le faisceau lumineux se teinte donc plus ou

moins, tandis que la lentille, en quelque point de celle-ci qu'il tombe, le ramène à son foyer où il impressionne le papier photographique.

Celui-ci, enroulé sur un cylindre contenu dans une chambre noire, se déplace devant ce point d'un mouvement de rotation hélicoïdal identique (sauf la correction du synchronisme) à celui du poste de départ.

Pour éviter les irradiations du rayon lumineux qui donneraient une auréole autour de chaque point et, par suite du *flou* à l'épreuve, M. Belin rapproche presque au contact du cylindre la paroi de la chambre noire où se trouve percé le trou, réduit à un sixième de millimètre de diamètre, par où pénètre le rayon lumineux (*fig.* 7, *Pl.* 163).

On peut, à volonté, dans cet appareil, obtenir l'épreuve transmise en négatif ou en positif, qu'elle provienne d'une épreuve de départ, positive ou négative. Il suffit pour cela de disposer la gamme de teintes dans l'un ou l'autre sens, afin que le faisceau lumineux soit impressionné d'une façon directement ou inversement proportionnelle aux intensités des courants et, par suite, des teintes transmises.

On peut également recevoir une épreuve d'une *tonalité* convenable, qu'elle provienne d'un cliché soit normal, soit trop faible ou trop intense, en employant des gammes de teintes d'une transparence appropriée.

Enfin on peut obtenir des *agrandissements* à l'arrivée en remplaçant le cylindre récepteur par un autre de plus grand diamètre. Cette faculté est commune aux divers systèmes que nous décrivons.

Dans l'appareil de démonstration qui a été construit par un autre de nos collègues, M. Jules Richard, les deux postes sont montés sur la même table et actionnés par le même moteur. Ils sont dépourvus, par suite, du dispositif de synchronisme que l'inventeur se propose d'adopter pour son appareil définitif.

Celui qui est en voie d'achèvement présentera divers perfectionnements importants. En outre, le poste de départ et celui d'arrivée seront séparés et formeront chacun un dispositif distinct.

Résultats obtenus. — La figure 8 (*Pl.* 163) représente le premier spécimen d'un paysage transmis, avec l'appareil de M. Belin, sur une ligne réelle bouclée, comprenant un parcours total de

1727 km (Paris-Lyon-Bordeaux-Paris). La durée de transmission des épreuves 13 × 18 est, par le procédé Belin, de 22 minutes 17 secondes, en moyenne.

Système Berjonneau.

Dans les deux procédés que nous venons de décrire, la netteté des images dépend de l'exactitude et de la fidélité avec lesquelles sont transmises les variations les plus délicates des teintes et, par suite, des courants correspondants.

Pour se placer dans les conditions les plus favorables et se soustraire le mieux possible aux influences perturbatrices extérieures, MM. Korn et Belin font usage, pour leurs transmissions, des *lignes téléphoniques* qui sont à deux fils, c'est-à-dire complètement isolées et douées, en même temps, d'une meilleure conductibilité.

M. Pascal Berjonneau s'est proposé de résoudre la question en se servant de lignes quelconques, téléphoniques ou télégraphiques, à un seul fil et retour par la terre, ce qui a, on le conçoit, une très grande importance au point de vue de la facilité des applications.

Pour y parvenir, il a recours à l'emploi de relais qui permettent de substituer, dans chaque poste, le courant d'une pile locale d'intensité appropriée, au courant de la ligne si faible qu'il soit.

On conçoit, dès lors, que la longueur et la nature des lignes n'aient ici aucune influence et que les perturbations extérieures soient réduites au minimum.

Le système de M. Berjonneau n'est en quelque sorte qu'une application très ingénieuse du télégraphe écrivant de Caselli.

Comme M. Belin, il exclut l'emploi du *sélénium*, mais tandis que les deux inventeurs précédents transmettent des courants d'intensité variée, correspondant à l'intensité des teintes, M. Berjonneau envoie une suite de courants de même intensité, mais qui sont plus ou moins étendus suivant qu'il s'agit de traduire des parties de l'image plus ou moins foncées ; c'est du « Morse » appliqué à la transmission des images.

Son procédé est analogue à ceux désignés sous le nom de *télautographie* et qui servent à la transmission de dessins au trait et de l'écriture.

M. Berjonneau emploie au transmetteur un *cliché tramé* analogue à ceux des *simili-gravures*. Ce cliché, tiré sur une feuille de cuivre extrêmement mince, est enroulé sur le cylindre transmetteur mu comme dans les appareils précédents. Un style qu'un ressort appuie sur le cliché en explore tous les points, à mesure que celui-ci se déplace d'un mouvement hélicoïdal. Comme ce cliché se compose d'une série de points d'étendue d'autant plus grande qu'il s'agit de représenter un noir plus intense, lorsque le style passe sur ces points, il ferme le circuit de la pile sur la ligne pendant un temps plus ou moins long et la transmission a lieu par une série d'émissions de courants *de même intensité, mais d'une durée variable.*

Dans le dispositif primitif de M. Berjonneau, le même appareil servait de transmetteur et de récepteur. C'est celui figuré sur le schéma (*fig. 3*).

Le simple jeu d'un commutateur permettait cette transformation.

Pour la réception, le cylindre est recouvert d'une pellicule sensible et une lampe est placée devant une petite ouverture pratiquée dans la chambre noire qui le recouvre.

Les courants transmis font fonctionner un *relais* très sensible actionné par une source électrique locale qui les amplifie autant que cela est nécessaire. Ils servent alors à régler le jeu d'un obturateur placé sur le trajet du rayon lumineux de la lampe et permettant d'impressionner le papier sensible proportionnellement à leur durée et par suite à l'intensité de la teinte correspondante du cliché de départ.

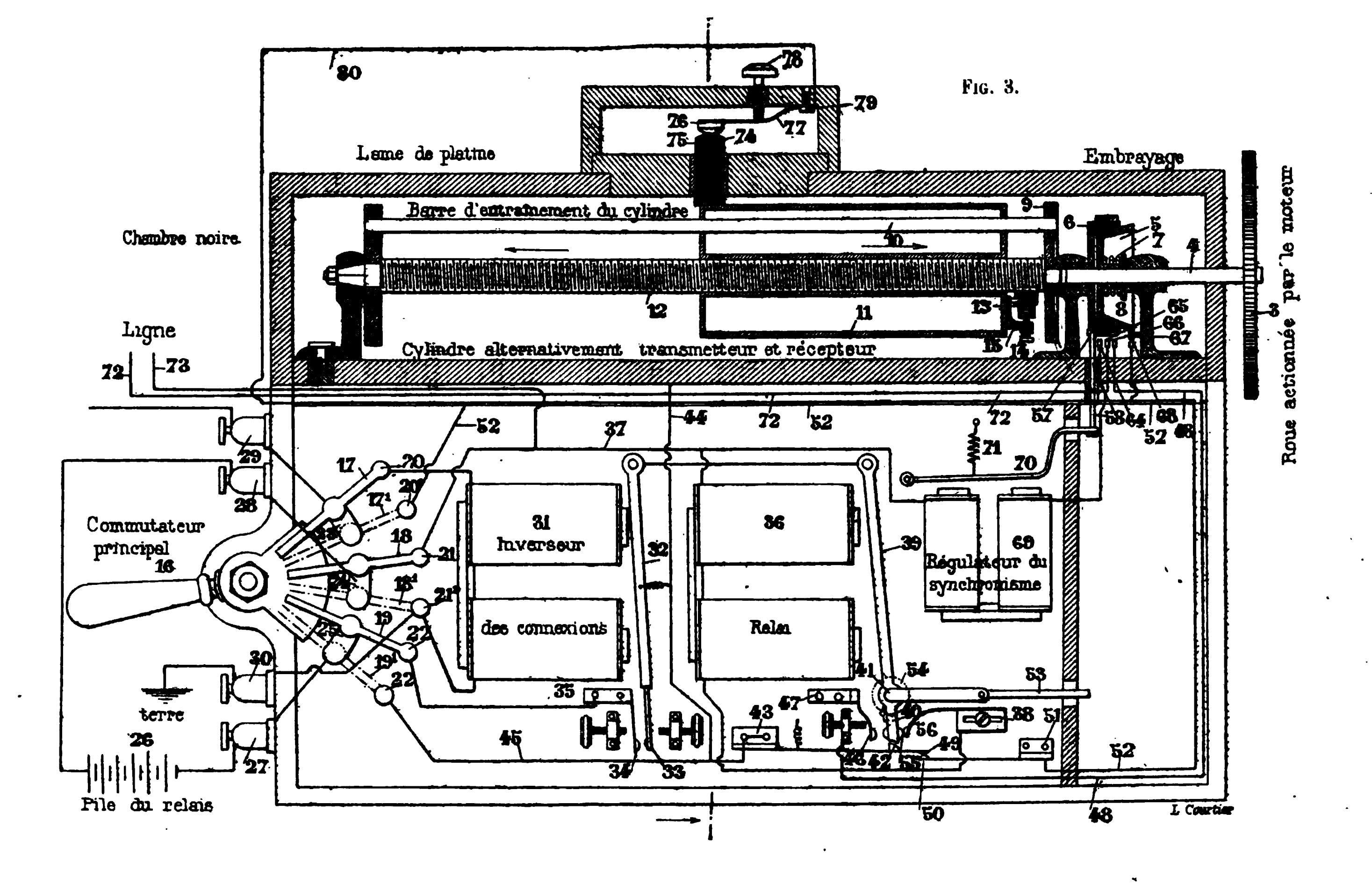
Le synchronisme est obtenu par un dispositif spécial combiné par M. Berjonneau.

Dans son nouvel appareil (*fig. 9 et 10, Pl. 168*), les deux postes sont séparés et de nombreux perfectionnements ont été apportés au système.

On a objecté à ce procédé que la transformation préalable de l'image à transmettre en cliché de simili-gravure exige un travail long et délicat. M. Berjonneau est parvenu à simplifier beaucoup cette opération, qui ne demande actuellement qu'une vingtaine de minutes.

Enfin, l'appareil définitif est entièrement contenu pour chaque poste dans une boite mesurant 36 cm de largeur sur 22 de profondeur et 50 de hauteur, ce qui le rend très aisément transportable.

FIG. 3.


Lame de platine
Embrayage
Roue actionnée par le moteur
Chambre noire
Barre d'entraînement du cylindre
Cylindre alternativement transmetteur et récepteur
Ligne
Commutateur principal
31 Inverseur
des connexions
Relais
Régulateur du synchronisme
terre
Pile du relais
L Courtier

La figure 11 *(Pl. 163)* représente le résultat le plus récent obtenu avec le nouvel appareil de M. Pascal Berjonneau ; c'est une épreuve transmise, — la première de ce genre, — sur une *ligne télégraphique réelle*, à un seul fil et retour par la terre, entre deux postes situés dans des localités différentes (expérience du 8 avril 1908 ; transmission du portrait de M[me] Toselli, ex-princesse de Saxe), entre Paris (Bureau central des Télégraphes) et Enghien.

Applications de la Phototélégraphie.

Des trois systèmes que nous venons de décrire, celui du professeur Korn est le seul qui soit entré jusqu'ici dans la voie des applications pratiques ; c'est aussi le premier en date, au point de vue des expériences.

C'est au journal l'*Illustration* qu'on est redevable de cette première application de la phototélégraphie. Dès novembre 1906, ce journal s'assurait le monopole de l'exploitation en France des appareils de M. Korn.

Des expériences — les premières tentées en France — eurent lieu dans ses bureaux, le 1[er] février 1907, sur le parcours en ligne téléphonique bouclée de Paris-Lyon et retour (1 024 km).

Quelque temps après, un premier poste phototélégraphique, constitué avec les appareils construits par M. Carpentier, était installé rue Saint-Georges, à l'*Illustration*, et depuis lors, il n'a cessé de fonctionner régulièrement.

Ce poste peut être relié, par fils téléphoniques, avec ceux que M. Korn a fait établir à Berlin d'abord et, plus récemment, à Londres, dans les bureaux d'un grand quotidien illustré, le *Daily Mirror*. Tous les soirs, à 7 heures, le poste parisien de l'*Illustration* transmet à celui du *Daily Mirror* des photographies d'actualités que ce journal publie dès le lendemain matin à Londres. Deux fois par semaine, des communications semblables ont lieu entre Paris et Berlin.

D'autres transmissions régulières se font entre diverses villes allemandes, notamment entre Munich et Berlin.

Les autres procédés sont encore dans la période expérimentale, mais approchent, eux aussi, des réalisations pratiques.

Celui de M. Belin a fait l'objet d'une série de conférences, notamment à la Société de Photographie où, le 8 décembre 1907,

l'inventeur a transmis, comme nous l'avons déjà dit, des épreuves diverses (portraits et paysages), sur une ligne téléphonique réelle bouclée de 1 717 km (Paris-Lyon-Bordeaux-Paris).

Quant à M. Berjonneau, après avoir expérimenté son système le 28 décembre 1907 sur le parcours télégraphique bouclé Paris-Marseille et retour (1 726 km), il a procédé, le 8 avril dernier, à une expérience beaucoup plus décisive, celle de Paris à Enghien, dont nous avons parlé plus haut.

Prochainement, il se propose d'affronter, dans les mêmes conditions, le parcours télégraphique autrement difficile de Paris à Londres.

Enfin, il a fait — ce qui est possible d'ailleurs avec les divers systèmes — des essais intéressants de transmission SANS FIL. L'inconvénient du procédé réside actuellement dans la lenteur des communications par la voie des ondes hertziennes.

Pour être complet et tout à fait impartial, il nous reste à signaler les mécomptes qui se produisent, quelles que soient l'ingéniosité des inventeurs et la perfection des appareils, dans la pratique des transmissions phototélégraphiques.

C'est ici qu'on peut dire qu'il y a loin parfois de la coupe aux lèvres et c'est encore le système Korn qui va nous en fournir de curieux exemples.

Dans l'exploitation courante du système, on a constamment à redouter deux sortes de perturbations : celles qu'on peut appeler d'*ordre administratif* et celles d'*ordre technique.*

Les premières sont faciles à concevoir ; elles sont inhérentes, hélas ! au fonctionnement même de tout système téléphonique.

On sait combien, pour une simple conversation, il est difficile d'*obtenir* la communication et comment celle-ci se trouve souvent *coupée* avec une étrange facilité. Or, s'il en est ainsi pour une conversation de trois minutes, on se doute de ce qui doit se passer au cours d'une communication de douze à vingt-deux minutes !

Quand on fait des expériences et que les mesures voulues sont prises en haut lieu, tout va à peu près bien ; il n'en est plus de même en pratique courante.

Quant aux perturbations extérieures d'ordre technique, on peut compter sur la science des inventeurs pour arriver à les atténuer le plus possible, mais, en attendant, elles produisent parfois les effets les plus inattendus.

Par exemple, le voisinage trop immédiat de fils télégraphiques ou de transport d'énergie électrique, un défaut d'isolement, un fil distendu qui en touche un autre, etc., amènent les singularités que les figures 12, 13, 14 et 15 (*Pl. 163)* permettent de constater. Toutes ces épreuves ont été transmises par le poste phototélégraphique de l'*Illustration* à Paris, à son correspondant anglais, le *Daily Mirror*, de Londres.

Dans celle de la figure 12 *(Pl. 163)* (le dernier survivant de l'équipage de la *Belle-Poule*, qui ramena en France les cendres de Napoléon), on voit la trace des coupures successives de la communication ; c'est un exemple de perturbations « d'ordre administratif ».

La figure 13 *(Pl. 163)* (portrait de l'amiral Touchard) montre, en même temps, une dépêche Morse, qu'un contact de fils a imprimée sur la photographie transmise.

La figure 14 *(Pl. 163)* (photographie de l'envoyé marocain, Moulaï Hafid) fait voir le même effet dû à la transmission d'une dépêche Baudot.

Enfin, dans la figure 15 *(Pl. 163)* (portrait d'une cantatrice), c'est à la fois une dépêche Morse et une dépêche Baudot qui sont venues se mélanger sur l'épreuve phototélégraphique.

Ces phénomènes « d'ordre technique » donnent un résultat analogue à ce qui se produit quand un amateur photographe fait poser, par inadvertance, deux ou plusieurs clichés sur la même plaque.

Ces perturbations, dues au voisinage intempestif du Morse ou du Baudot, s'entendent d'ailleurs distinctement dans les récepteurs téléphoniques, lorsque les communications « ne sont pas bonnes » ; elles constituent ce qu'on a dénommé le *bruit de friture*. Les trois exemples reproduits ci-dessus ne sont pas autre chose que la « photographie » ou, si l'on veut, la traduction graphique de ce bruit.

A l'*Illustration*, on a tenté à plusieurs reprises de relier directement Berlin avec Londres, en transit par Paris. On n'a pas réussi encore à transmettre des épreuves acceptables, non pas que les lignes soient mauvaises, mais ce sont les connexions qui sont défectueuses. Ainsi, en examinant le parcours avec soin, on a constaté, par exemple, qu'au bureau central de Francfort, certaines fiches de jonction du courant étaient collées avec des morceaux de papier !...

Il faut convenir aussi que les réseaux téléphoniques et télé-

graphiques n'ont pas été établis dans l'hypothèse qu'ils pourraient servir un jour à transmettre des courants exigeant la perfection la plus absolue dans tous les organes de jonction et l'isolement impeccable de tout le système.

L'avenir.

Quoi qu'il en soit, on a pu se convaincre par l'exposé un peu long, mais encore incomplet, que nous venons de faire, que la question de la phototélégraphie est entrée définitivement dans la voie des réalisations pratiques.

Il serait imprudent toutefois de prédire quel avenir lui est réservé. Le phonographe et le cinématographe, le téléphone lui-même, n'ont-ils pas eu des commencements difficiles?

On peut cependant, dès maintenant, envisager l'utilité pratique de la phototélégraphie pour les journaux illustrés d'information rapide, comme le *Daily Mirror* ; également au point de vue des recherches d'ordre judiciaire, il est intéressant de penser qu'on pourrait désormais, au lieu du simple signalement d'un malfaiteur, télégraphier aux frontières sa photographie ; et cela en quelques instants, partout à la fois, puisqu'à l'aide d'un seul poste transmetteur on peut actionner *simultanément* plusieurs postes récepteurs.

Le service des renseignements militaires, celui des avertissements météorologiques, y trouveront certainement des avantages.

Bien d'autres applications ignorées se révéleront par la suite. Enfin, n'oublions pas que la phototélégraphie est une première solution intermédiaire du problème de la *vision à distance.* En effet, comme l'a si bien démontré, au récent Congrès de Physique, notre distingué collègue M. Armengaud, quand on sera parvenu à transmettre une image en moins d'un dixième de seconde, c'est-à-dire dans un temps inférieur à la durée de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, on pourra télégraphier, au lieu de vues fixes, des vues animées, c'est-à-dire faire du cinématographe à distance et même renouveler, sous une forme scientifique, la fameuse lunette de ce conte des *Mille et une Nuits*, avec laquelle on pouvait voir ce qui se passe dans le monde entier !...

APPAREILS DE SYNCHRONISME

ET

LEURS UTILISATIONS [1]

PAR

M. le Capitaine COUADE

PREMIÈRE PARTIE

En 1905, j'étais capitaine à la Commission d'études pratiques d'artillerie de côte à Toulon, et, en qualité d'électricien, je fus adjoint au colonel Rivals, qui expérimentait sur la plage des Sablettes un télémètre électrique de côte, dont vous avez sans doute entendu parler. Le colonel Rivals espérait un jour arriver à commander à distance, électromécaniquement, les pièces d'une batterie de côte par le seul jeu de son télémètre. C'est là que cet intéressant problème se posa pour moi et que j'en recherchai une solution différente de celle du colonel Rivals. Mes recherches aboutirent à une solution simple dont je vous parlerai dans la suite.

Aujourd'hui les appareils qui forment la base de ce procédé et qui sont les appareils de synchronisme dont je vais avoir l'honneur de vous entretenir ont subi avec succès des essais méthodiques effectués à la Manufacture nationale d'armes de Saint-Étienne, sur l'ordre du ministre de la Guerre, et ont été envoyés par le ministre à l'Exposition d'Électricité de Marseille.

J'eus l'idée d'appliquer les mêmes appareils au fonctionnement en synchronisme de phonographes et de cinématographes, sans me douter que ce problème faisait l'objet d'ardentes recherches dans l'industrie cinématographique.

Je fis part de cette idée à la Maison Pathé, qui l'accueillit favorablement et mit à ma disposition tous les moyens d'aboutir à une solution pratique.

(1) Voir bulletin de mai, page 714.

Les travaux d'étude au cours desquels plusieurs solutions ont été étudiées de front ont reçu la précieuse collaboration de M. Marette, qui m'a précédé à cette chaire, et de M. Continsouza, l'habile constructeur de la Maison Pathé.

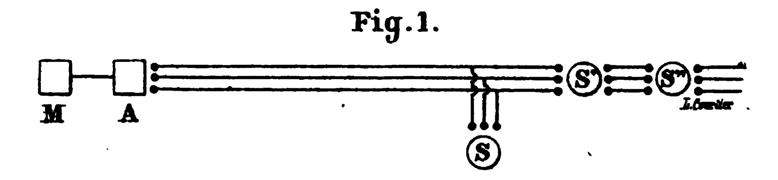
Quand on réfléchit un peu, il faut avouer que ce problème du synchronisme de phonographes et de cinématographes ne présente théoriquement aucune difficulté. Si on l'avait posé à M. de La Palice, il aurait certainement répondu que, pour faire du synchronisme, il fallait prendre des moteurs synchrones, et c'est en effet aux moteurs synchrones qu'il faut s'adresser.

Voici, par exemple, une solution très générale du problème (*fig. 1*) :

Un moteur M quelconque, mais à vitesse parfaitement uniforme, conduit un alternateur A, triphasé par exemple.

Sur la ligne triphasé issue de cet alternateur sont branchés

Fig. 1.



des moteurs synchrones *s s′ s″*... Il est bien certain que le moteur M et les moteurs *s s′ s″* fonctionneront en synchronisme. Il suffira de commander mécaniquement, à l'aide de ces moteurs, des phonographes et des cinématographes pour que ceux-ci fonctionnent en synchronisme. Pratiquement, cette organisation rencontrerait de grosses difficultés.

Il ne suffit d'ailleurs pas d'obtenir des mouvements synchrones de la bande cinématographique et du disque du phonographe, il faut qu'il y ait concordance entre les images et les sons. Cette concordance pourrait s'obtenir par embrayage simultané des moteurs avec les appareils à un certain signal. Il resterait toutefois à parfaire la concordance à l'aide d'organes différentiels.

Je me suis également adressé à des moteurs synchrones.

C'est le mode de production du courant triphasé qui est spécial et qui permet d'avoir un matériel peu encombrant, susceptible de s'adapter à toute installation existante, et surtout qui permet d'obtenir automatiquement la concordance des images et des sons, sans embrayage, sans rattrapage nécessaire, par le

seul fait de placer, avant la mise en marche, d'une part, le style du phonographe en un point de départ repéré sur le disque, d'autre part, une image repérée de la bande devant l'objectif du cinématographe. Ces repères sont absolument certains, puisque ce sont ceux qui ont été déterminés, comme vous l'a expliqué M. Marette lors de la prise de vue, en entrainant mécaniquement les deux appareils l'un par l'autre.

Le courant triphasé lancé dans le moteur synchrone qui actionne le cinématographe est obtenu par la transformation du courant continu à 70 ou 110 volts dans un appareil appelé transmetteur, que le mécanisme d'un phonographe à poids suffit à actionner.

Le courant ainsi obtenu est exactement sinusoïdal et a un voltage égal au voltage de la source de courant continu (il s'agit ici de la différence de potentiel maxima entre deux phases) et une fréquence à chaque instant égale à la vitesse de rotation du transmetteur en tours par seconde.

Cette fréquence croît donc progressivement depuis la valeur zéro, à partir du moment où le phonographe démarre, jusqu'à sa valeur de régime.

Le moteur du cinématographe possède au démarrage comme en marche un couple suffisant pour entraîner certainement le cinématographe, et, comme sa vitesse est égale à la fréquence du courant (il est, en effet, bipolaire), il s'ensuit que le cinématographe démarre en même temps que le phonographe et arrive en même temps que lui, en synchronisme, à sa vitesse de régime, exactement comme si ces deux appareils étaient reliés mécaniquement. On reproduit, en somme, ce qui se passe à la prise de vue et la concordance des images et des sons en résulte nécessairement.

Voyons en quoi consiste ce transmetteur?

Il se compose d'un collecteur formé de deux secteurs pleins de 120 degrés d'étendue symétriques, séparés par deux secteurs de 60 degrés, garnis du plus grand nombre possible de lames.

Entre les secteurs et les lames sont disposées certaines résistances.

Le courant continu arrive aux deux secteurs pleins. Le courant triphasé est collecté par trois balais à 120 degrés l'un de l'autre, qui tournent autour du collecteur quand celui-ci est fixe, qui, au contraire, sont fixes quand c'est le collecteur qui tourne.

Dans l'appareil ici présent, ce sont les balais, entraînés par le mécanisme du phonographe, qui tournent autour du collecteur fixe.

Dans d'autres appareils dont je vous parlerai, il est préférable de faire tourner le collecteur. On peut ainsi atteindre des vitesses plus grandes. Dans ce cas, les résistances entre les lames sont constituées par les éléments d'un enroulement de maillechort sur une bobine accolée au collecteur. Les spires de cet enroulement sont isolées et écartées l'une de l'autre pour que le refroidissement soit énergique.

Quand les résistances dont il s'agit ont certaines valeurs dont j'ai déterminé la loi, valeurs qui, en particulier, dépendent de la résistance ohmique de l'enroulement du moteur et de la ligne, le courant triphasé est sinusoïdal.

Il en résulte alors que le champ tournant dans le moteur synchrone, tourne par bonds réguliers et que par suite le couple de décrochage, c'est-à-dire le couple maximum dont est susceptible le moteur, est plus élevé que si le champ tournait par bonds irréguliers comme cela a lieu quand le courant n'est pas sinusoïdal.

En même temps, quand le courant est sinusoïdal, la commutation se fait dans les meilleures conditions possibles au point de vue des étincelles.

Je ne veux pas entrer ici dans les détails des calculs du transmetteur. Ils sont cependant intéressants. Vous les trouverez publiés avec tous leurs développements dans le bulletin et vous verrez comment, logiquement, j'ai été amené à donner au collecteur cette forme très particulière de deux grands secteurs pleins séparés par deux petits secteurs garnis de lames.

Quant au moteur, vous savez déjà en quoi il consiste. C'est un simple moteur synchrone bipolaire à inducteurs tournants. Son stator est bobiné comme celui d'un moteur d'induction triphasé et connecté pour former deux pôles. Son rotor est une palette de fer doux portant un bobinage pour son excitation. Avec un moteur de plus forte taille, une simple palette de fer doux sans bobinage suffirait. C'est une question de poids d'appareils qui nous a fait adopter le moteur à palette bobinée.

La vitesse de rotation des balais étant ici de 360 tours par minute ou 6 tours par seconde, la fréquence du courant est 6 ; la vitesse du rotor est 6 tours par seconde. Cette faible fréquence nous a permis de réduire au minimum le fer du stator et d'alléger

le plus possible le moteur sans rien diminuer de son couple.

Tel qu'il est, ce moteur est bien plus que suffisant pour entraîner le cinématographe, aussi bien au démarrage qu'en marche. Or, vous n'ignorez pas qu'avec un rouleau de bandes de plusieurs centaines de mètres de longueur, avec les appareils de sécurité contre l'incendie dont est surchargé le cinématographe, son fonctionnement devient très pénible. Le couple atteint 0,10 kgm.

On pourrait évidemment faire tourner les balais plus vite pour avoir plus de sécurité de fonctionnement. Mais alors il faudrait un poids plus fort pour entraîner le mécanisme du phonographe. Il s'agit maintenant, à l'aide de ce moteur tournant à 360 tours, d'entraîner la manivelle du cinématographe à 120 tours, c'est-à-dire à vitesse un tiers.

Un simple engrenage paraît suffire.

Ce n'est cependant pas suffisant. Quand, avant le démarrage des appareils, on lance le courant continu dans le transmetteur, le moteur du cinématographe se cale brutalement à sa position de départ, et, si ce mouvement de calage se fait dans un certain sens (le sens contraire du fonctionnement normal), la bande se trouve déchirée. Pour éviter cet accident, il faut interposer encore entre le moteur et le cinématographe une roue libre à rochets ne permettant l'entraînement que dans un sens.

Ce n'est pas tout. Malgré que la concordance des images et des sons soit automatique, comme je vous l'ai expliqué, on a voulu se réserver la possibilité de rattraper cette concordance dans les cas où accidentellement elle n'aurait pas lieu. En effet, si l'aide n'a pas disposé exactement le style au repère de départ, si un choc donné au phonographe a fait sauter le style dans une spire voisine, s'il a fallu supprimer quelques images dans la bande, la concordance est détruite.

Pour la ramener, il suffit, comme je vous l'ai dit, d'interposer encore un différentiel entre le moteur et le cinématographe.

Ainsi donc entre le moteur et le cinématographe trois organes semblent indispensables :

Un engrenage, une roue libre, un différentiel.

Dans l'appareil présent, ces trois organes sont remplacés par un seul, ou plutôt contenus dans un seul, le démultiplicateur à satellites.

Ce démultiplicateur comprend *(fig. 2)* :

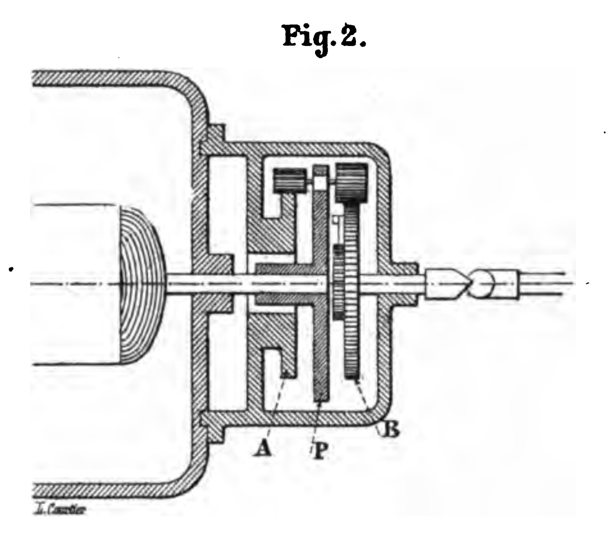
Une roue fixe A ;

Un plateau P, entraîné par le rotor, portant deux satellites $s\ s'$;

Une roue motrice B, entraînant une roue à rochets sur l'axe de laquelle se monte un joint à la Cardan, extensible, dont l'autre extrémité coiffe le bout de l'axe de manivelle du cinématographe.

Pour obtenir les décalages, on fait tourner la roue A en agis-

Fig. 2.



sant sur la boîte du démultiplicateur à laquelle elle est fixée, à l'aide d'une vis sans fin engrenant avec une roue tangente.

Quand la concordance est obtenue, on fixe cette boîte au palier par le jeu d'une vis de serrage.

Un tour de boîte du démultiplicateur rattrape 10 images deux tiers; un tour de la manivelle de la vis sans fin rattrape une image.

Ainsi, quand le style a été mis dans la spire voisine, l'écart est rattrapé par 1 tour de la boîte ou 10 tours deux tiers de manivelle. Ces chiffres n'ont d'autre but que de montrer quelle est l'étendue du mouvement dans certains cas de rattrapage. Dans la réalité, le rattrapage se fait au sentiment et cela avec une précision remarquable. Quand l'opérateur fait tourner lentement la boîte du démultiplicateur pour établir la concordance, il existe un moment très précis où il se rend compte que cette concordance est parfaite. C'est une sorte d'accrochage comme en stéréoscopie.

L'organisation de l'appareil phonocinématographique que je viens de vous décrire est enfin complétée par un microtéléphone

permettant à l'opérateur d'entendre le phonographe, malgré bruit des appareils, de la cabine et malgré la distance qui sépare du phonographe.

L'adaptation de l'appareil de synchronisme à des postes cinématographe, a été étudiée de façon à ne rien changer a installations existantes et à pouvoir être faite par n'importe exploitant en quelques minutes.

Les opérations de montage sont les suivantes:

1° Disposer le moteur du cinématographe, son axe vis-à-vis de l'axe de manivelle du cinématographe, en réglant la hauteur des pieds. Mettre en place le cardan ;

2° Sur la boite du moteur sont trois paires de bornes portant les mots : *ligne*, *moteur*, *piles*.

Relier la première à l'entrée du tableau portant également mot *ligne*, la seconde aux bornes du rhéostat du moteur. troisième à deux piles sèches destinées au téléphone et aux signaux avertisseurs ;

3° Le câble qui relie les deux postes porte à ses extrémités deux fiches à broches. Introduire ces fiches dans des prises de courant portées l'une par la boite du phonographe, l'autre par la boîte du moteur de cinématographe. Aucune erreur n'est possible.

L'installation est alors prête à fonctionner.

Pour procéder à une audition :

L'aide dispose le style du reproducteur au repère du disque et attend le signal de sonnerie pour faire partir le phonographe.

L'opérateur de la cabine dispose l'image repérée de la bande devant la fenêtre, cadre l'image, met la manette sur le mot *synchronisme* et aussitôt donne le signal du départ en appuyant sur le bouton de la sonnerie.

En portant l'oreille au récepteur ou téléphone, il s'assure qu'il n'y a pas eu faux départ.

Au cas, très rare, où il y aurait eu faux départ, il rattrape la concordance en tournant la boite du démultiplicateur dans le sens convenable.

D'autres dispositifs phonocinématographiques que celui qui vous est présenté aujourd'hui sont à l'étude et viendront à leur heure.

L'organisation actuelle ne permet, en effet, que la représentation de scènes de courte durée.

Ce qu'il faudra demain donner au public, c'est une pièce de théâtre complète, un opéra en entier.

Les prochains appareils réaliseront ce rêve. Le cinématographe sera alors ce qu'il doit être, le mode de vulgarisation le plus extraordinaire des œuvres théâtrales.

Que sera-ce encore quand la couleur viendra achever d'animer les personnages. Ce sera alors l'illusion complète, sauf peut-être pour le vieil abonné amateur des coulisses ou pour le pompier de service.

DEUXIÈME PARTIE

Autrès applications de l'appareil de synchronisme.

En première ligne et comme se rapportant à la même industrie je puis vous dire un mot de la multiphonographie, actuellement à l'étude.

Vous savez comment s'enregistre un morceau d'orchestre : Dans une salle de forme appropriée, on dispose devant le pavillon d'un phonographe enregistreur à poids et à cylindre les instruments de l'orchestre à des distances spéciales pour chaque instrument. Le nombre des exécutants ne peut dépasser un certain chiffre.

L'appareil de synchronisme va nous permettre d'enregistrer les différentes parties d'un orchestre ordinaire, au complet avec chœurs et chanteurs, chacune sur un disque spécial.

Un transmetteur unique est mis en mouvement par un moteur à vitesse parfaitement régulière, comme un moteur shunt, par exemple, sur accumulateurs.

Sur la ligne triphasée issue de ce transmetteur sont branchés des moteurs synchrones entraînant les cylindres enregistreurs d'autant de phonographes. Ces phonographes sont convenablement répartis devant les différents groupes d'instruments de l'orchestre, les chœurs, les chanteurs, etc.

Tous ces phonographes démarreront ensemble et tourneront ensemble synchroniquement pendant l'enregistrement.

Leur nombre n'est pas limité.

Si un transmetteur ne suffit pas, on en prendra deux montés sur le même axe.

On constituera ensuite, pour ce morceau d'orchestre, par les

moyens ordinaires de reproduction, une collection de disques, une sorte de partition phonographique.

En disposant ces disques sur un phonographe mécanique à plusieurs plateaux et en plaçant les styles des reproducteurs aux repères initiaux déterminés sur chacun des disques lors de l'enregistrement, on obtiendra la reproduction intégrale du morceau d'orchestre et avec quelle puissance d'exécution !

J'ai fait fonctionner en synchronisme quatre phonographes triphasés, lesquels reproduisaient un même morceau d'orchestre sur quatre disques identiques, avec une concordance de sons telle qu'il fallait prêter l'oreille au pavillon de chacun d'eux pour se rendre compte qu'ils chantaient réellement tous.

Le point délicat est d'obtenir des phonographes triphasés fonctionnant aussi parfaitement que les phonographes à poids employés pour l'enregistrement.

De petits phonographes à moteurs multipolaires, sans aucun engrenage, paraissent devoir donner toute satisfaction.

En dehors de l'industrie des cinématographes et phonographes, l'appareil de synchronisme peut avoir d'intéressantes applications.

Je vous en citerai brièvement quelques-unes :

Commande a distance de canons projecteurs, tourelles, etc.

La commande à distance des canons de côte est l'application dont je vous ai parlé au début. Par le seul fontionnement d'un appareil de commande à viseur, placé dans un poste d'observation découvrant bien la mer, toutes les pièces d'une batterie éloignée, bien abritée des vues de la mer, se trouvent automatiquement pointées en hauteur et en direction, le personnel n'ayant plus qu à charger et à tirer le plus vite possible.

Pour obtenir ce résultat, l'appareil de commande met en mouvement un transmetteur pour la hauteur, un transmetteur pour la direction.

Chaque canon est actionné par deux moteurs synchrones : un pour la hauteur, l'autre pour la direction. Les démultiplications entre le canon et les moteurs fixent la précision du pointage. Plus la démultiplication est grande, plus la précision est grande. On est toutefois arrêté par la nécessité d'obtenir des vitesses rapides pour les changements d'objectifs.

Ces appareils ne sauraient suffire si le poste d'observation est

éloigné de la batterie, car ils permettent seulement de donner aux canons des déplacements angulaires égaux aux déplacements de la lunette.

Il faut, pour maintenir les canons convergents sur le but, pendant que celui-ci se déplace, pouvoir décaler constamment la direction des canons de celle de la lunette de la valeur de la parallaxe.

C'est le but d'un appareil spécial qui constitue la partie la plus intéressante de cette organisation, mais dans le détail de laquelle vous comprenez que je ne puisse entrer.

La commande de projecteurs est exactement la même que celle de canons. Elle se trouve même un peu simplifiée par ce fait que la trajectoire est rectiligne.

Dans la commande des canons de tourelles, ce n'est pas le synchronisme qui est utilisé, puisque le pointeur est dans la tourelle même. C'est une propriété de l'appareil de synchronisme sur laquelle je n'ai pas assez attiré votre attention et qui apporte la solution d'un problème longtemps cherché, celui du moteur à couple élevé susceptible de fonctionner à des vitesses très différentes, comme par exemple de 1 à 100 et même plus.

Le récepteur d'un appareil de synchronisme est capable, en effet, de suivre les variations de vitesse de son transmetteur jusqu'à plusieurs milliers de tours. Or, ce transmetteur est un organe léger dont on pourra facilement faire varier la vitesse dans ces proportions. Naturellement, il faudra adjoindre à cet ensemble un dispositif de régulation du voltage, lequel croît en même temps que la vitesse, et qu'on peut facilement imaginer.

Je reviens au problème de la commande des canons de tourelles. Vous savez que ces canons se tirent au passage du but, quand le mouvement du navire dû au roulis et au tangage amène la ligne de mire sur le but.

Il y aurait un avantage considérable au point de vue de la rapidité du tir à pouvoir maintenir constamment pointés ces canons, c'est-à-dire à leur faire suivre les mouvements inverses de ceux du navire, lesquels se produisent à des vitesses très variables.

En Angleterre, on a résolu, paraît-il, ce problème dans les cuirassés du type *Dreadnought*, à l'aide d'appareils hydrauliques.

Peut-être un puissant récepteur synchrone, relié à un transmetteur dont la commande serait entre les mains du pointeur, permettrait-il d'arriver à ce résultat.

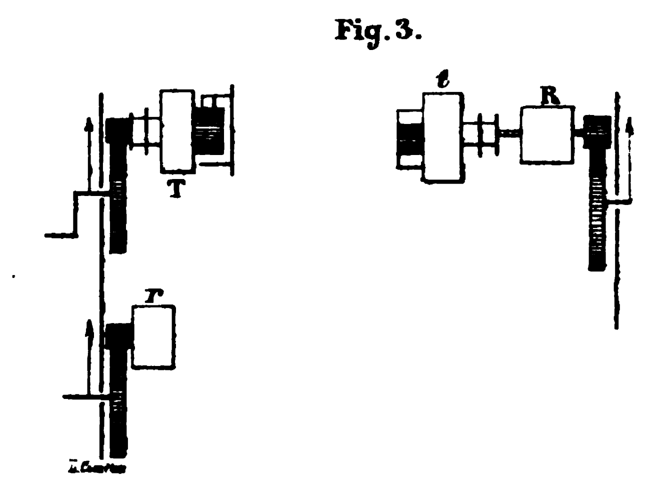
TRANSMETTEURS D'ORDRES ET DE SIGNAUX.

Une autre application évidente de l'appareil de synchronisme sont les transmetteurs d'ordres et de signaux de la guerre, de la marine, des chemins de fer, des mines, etc.

Ces appareils peuvent être organisés de façon à présenter une précision aussi grande qu'on veut. C'est une affaire de démultiplication entre le récepteur R et l'aiguille réceptrice, d'une part, entre le transmetteur T et l'aiguille transmettrice, d'autre part.

Leurs indications peuvent être contrôlées au poste transmetteur en renvoyant à ce poste les indications du poste récepteur

Fig. 3.



à l'aide d'un appareil de synchronisme conjugué identique tR (*fig. 3*).

Il faut, en outre, que ces appareils conservent leurs indications pendant les intervalles de fonctionnement sans dépense d'énergie. On imaginera facilement un système de freins électromagnétiques à ressorts maintenant dans leurs positions les axes des différents organes quand le courant ne passe pas, et libérant ces axes quand le courant passe, c'est-à-dire pendant le fonctionnement.

Régulation des turbines des groupes hydroélectriques.

Cette régulation se fait actuellement à l'aide de servo-moteurs mécaniques ou hydrauliques, transmettant au vannage les déplacements d'un régulateur à boules entraîné par la turbine. L'action de ce servo-moteur doit être énergique et prompte.

On pourra donc utiliser ici l'appareil de synchronisme du transmetteur, dont le récepteur synchrone, de taille suffisante, commandera le vannage.

Commande a distance de rhéostats et de réducteurs.

La manœuvre de rhéostats ou de réducteurs exige un effort assez sérieux : le récepteur synchrone d'un appareil de synchronisme pourra facilement donner cet effort. La commande à distance synchrone de rhéostats pourra trouver une utile application dans la traction par plusieurs voitures automotrices.

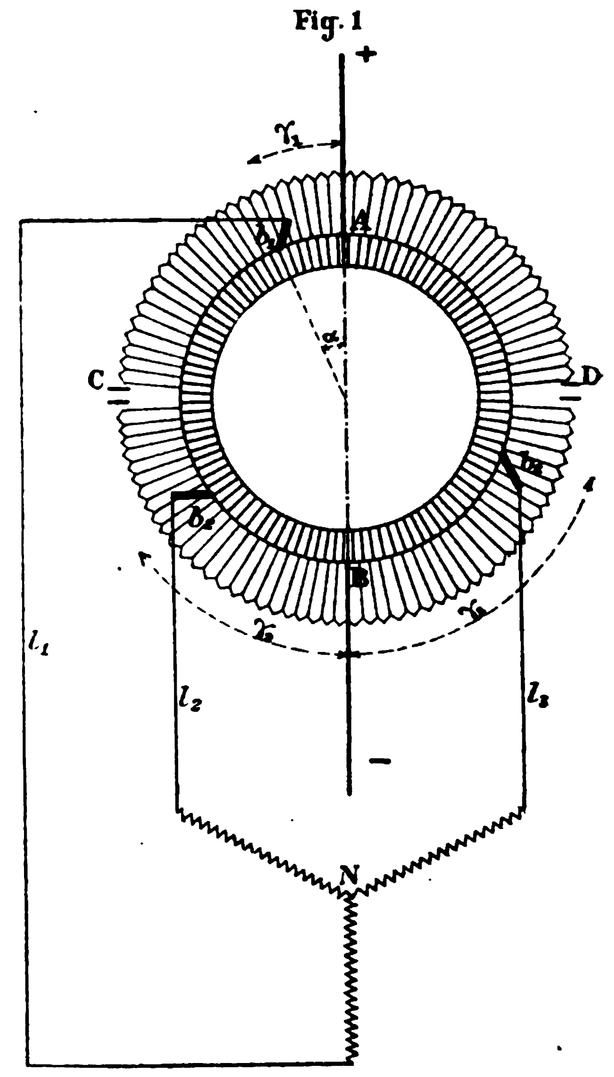
Il me reste, Messieurs, après ce long exposé, à vous remercier de votre bienveillante attention.

SUPPLÉMENTS

1° *Solution du problème de la transformation du courant continu en courant triphasé sinusoïdal.*

Considérons un collecteur garni de lames sur tout son pourtour, à deux lames opposées, A, B, duquel arrive du courant

Fig. 1



continu (*fig. 1*). Les lames sont séparées par des résistances.

Trois balais b_1, b_2, b_3 à 120 degrés sont reliés aux trois phases d'un appareil d'utilisation triphasé, connecté en étoile, par exemple.

Quelles doivent être les résistances entre les lames pour que, quand les balais tournent, le courant lancé dans l'appareil soit sinusoïdal, c'est-à-dire pour que les trois courants i_1, i_2, i_3 aient respectivement comme valeurs :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \mathrm{I}\cos\alpha, \\ i_2 &= \mathrm{I}\cos\left(\alpha + \frac{2\pi}{3}\right) \\ i_3 &= \mathrm{I}\cos\left(\alpha + \frac{4\pi}{3}\right) \end{aligned}\right\} \quad [1]$$

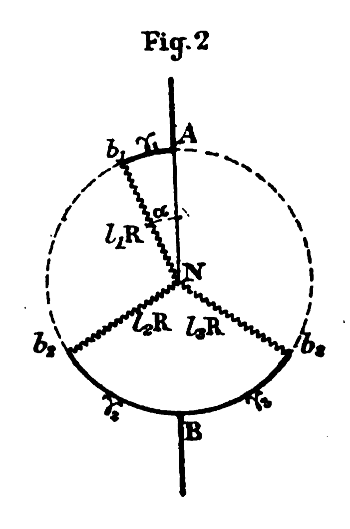
Désignons par r_1 la résistance entre A et b_1,

— r_9 — B et b_2,

— r_3 — B et b_3,

et par R la résistance d'une phase b_1N, b_2N ou b_3N.

En écrivant les lois de Kirchoff, pour les différents polygones fermés du réseau formé par cet ensemble, on mettrait le problème en équations ; mais la solution pratique, c'est-à-dire l'expression de r_1 en fonction de α et de R entraînerait à des calculs extrêmement compliqués et difficiles.



Nous n'avons pas suivi cette méthode; nous avons remarqué que, *a priori*, les résistances devaient être symétriques par rapport aux diamètres AB et CD et, *a posteriori*, qu'elles devaient être interrompues aux points C et D.

Schématiquement, remplaçons la figure 1 par la figure 2. Soit E la différence de potentiel entre A et B.

On a :

$$
\left.
\begin{aligned}
i_1 &= \frac{E}{R + r_1 + \frac{(R - r_2)(R + r_3)}{R + r_2 + R + r_3}} \\
i_2 &= i_1 \frac{R + r_3}{R + r_2 + R + r_3} \\
i_3 &= i_1 \frac{R + r_2}{R + r_2 - R + r_3}
\end{aligned}
\right\} \quad [2]
$$

La courbe suivante :

$$
\left.
\begin{aligned}
&\text{de } \alpha = 0^\circ \text{ à } \alpha = 30^\circ \frac{r}{R} = 0 \\
&\text{de } \alpha = 30^\circ \text{ à } \alpha = 90^\circ \frac{r}{R} = \sqrt{3}\frac{1 - \cos(\alpha - 30^\circ)}{\cos \alpha}
\end{aligned}
\right\} \quad [3]
$$

satisfait au problème. On le vérifie en portant dans les équations [2] les valeurs :

$$r_1 = 0,$$

$$r_2 = R\sqrt{3}\frac{1 \ \cos(30 - \alpha)}{\cos(60 - \alpha)},$$

$$r_3 = R\sqrt{3}\frac{1 \ \cos(30 + \alpha)}{\cos(60 + \alpha)}.$$

tirées de [3]. On retrouve identiquement les équations [1], avec :

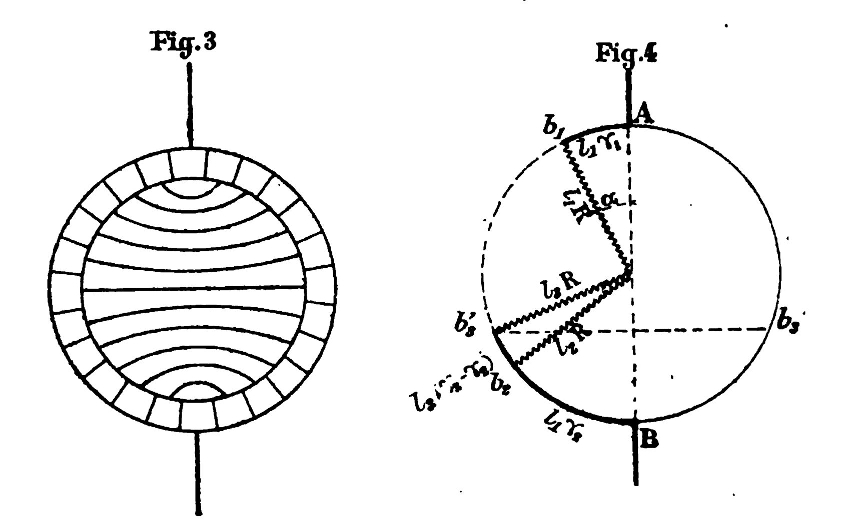
$$I = \frac{E}{R\sqrt{3}}.$$

Nous n'insistons pas sur les détails de cette première solution, qui n'a fait que nous mettre sur la voie de la deuxième solution, qui est la suivante.

Les résistances entre lames devant être symétriques par rapport à AB, nous avons rejoint les lames symétriques, par rapport à AB, par des connexions équipotentielles *(fig. 3)*.

La figure schématique de répartition du courant devient alors la figure 4 et les équations sont les suivantes :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \frac{E}{R + r_1 + r_2 + \dfrac{R(R + r_3 - r_2)}{2R + r_3 - r_2}} \\ i_2 &= i_1 \frac{R + r_3 - r_2}{2R + r_3 - r_2} \\ i_3 &= i_1 \frac{R}{2R + r_3 - r_2} \end{aligned}\right\} \quad [2']$$



Ces équations ne sont plus symétriques, comme les équations [2], et la solution algébrique devient facile.

Pour $\alpha = 0$ (*fig. 5*), on a :

$$I = \frac{E}{\dfrac{3R}{2} + \rho},$$

en appelant ρ la valeur particulière de r_1 pour $\alpha = 60$ degrés, d'où une relation importante entre E et I :

$$E = I\left(\frac{3R}{2} + \rho\right).$$

Pour $\alpha = 30$ degrés (*fig. 6*) :

$$i_1 = \frac{E}{2(R + r_1)};$$

d'autre part, d'après les équations [1] pour $\alpha = 30$ degrés :

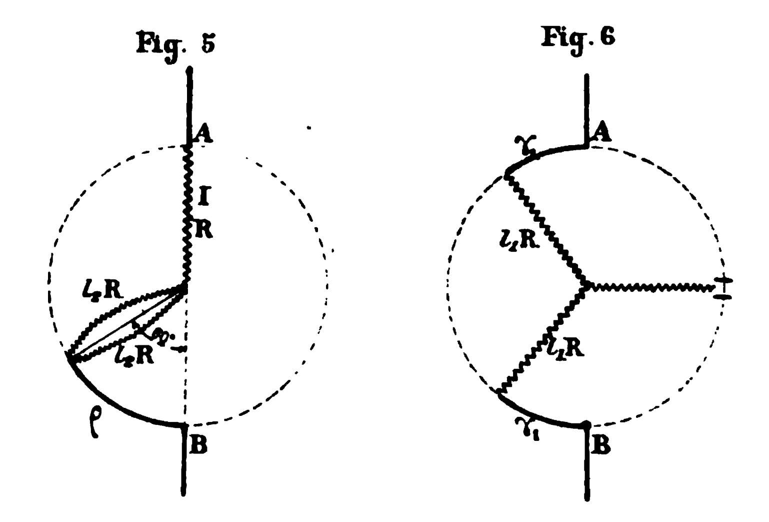
$$i_1 = 0{,}866 I,$$

égalons les seconds termes, on a donc pour $\alpha = 30$ degrés :

$$r_1 = \frac{2\rho - 0{,}464R}{3{,}464},$$

posons :

$$\frac{\rho}{R} = K.$$

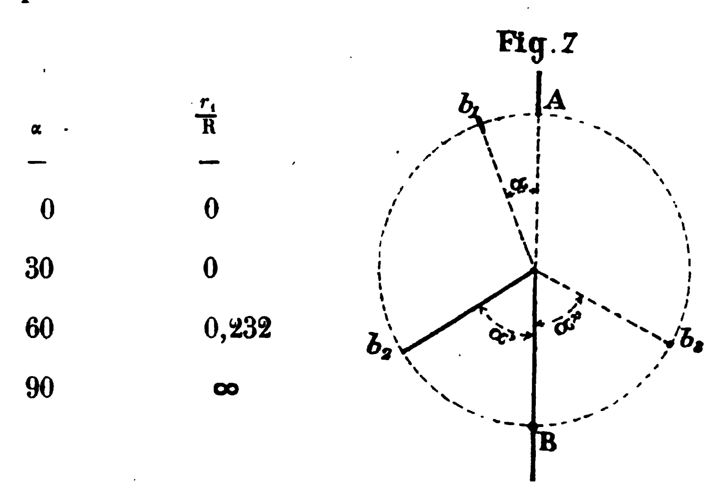


On voit immédiatement que la courbe des valeurs de $\frac{r_1}{R}$ en fonction de α passe par les quatre points suivants :

α	$\frac{r_1}{R}$
0	0
30	$\frac{2K - 0{,}464}{0{,}464}$
60	K
90	∞

et si on choisit pour K la valeur spéciale K = 0,232, par les quatre points suivants :

α	$\frac{r_1}{R}$
0	0
30	0
60	0,232
90	∞



Dans l'intervalle de 0 à 30 degrés, la courbe se confond avec 0α. Soient α, α', α'' les valeurs des trois angles conjugués (*fig.* 7). On a, d'après la dernière équation de [2'] :

$$\cos \alpha'' = \frac{\cos \alpha}{2 + \frac{r_3}{R} - \frac{r_2}{R}},$$

d'où :

$$\frac{r_3 - r_2}{R} = \frac{\cos \alpha - 2 \cos \alpha''}{\cos \alpha''},$$

que nous posons = H.

D'après la première équation de [2'], on a :

$$\cos \alpha = \frac{1,732}{1 + \frac{r_2}{R} + \frac{1 + H}{2 + H}},$$

d'où :

$$\frac{r_2}{R} = \frac{1,732}{\cos \alpha} - \left(1 + \frac{1 + H}{2 + H}\right),$$

et

$$\frac{r_3}{R} = H + \frac{r_2}{R}.$$

En remplaçant H par sa valeur, on en déduit l'équation de la courbe qui est la suivante :

$$\text{de } \alpha = 0^\circ \text{ à } \alpha = 30^\circ \quad \frac{r}{R} = 0,$$

$$\text{de } \alpha = 30^\circ \text{ à } \alpha = 60^\circ \quad \frac{r}{R} = \frac{\sqrt{3} + \cos(120^\circ - \alpha)}{\cos(60^\circ - \alpha)} - 2,$$

$$\text{de } \alpha = 60^\circ \text{ à } \alpha = 90^\circ \quad \frac{r}{R} = \frac{\sqrt{3}}{\cos(\alpha - 60^\circ)} + \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - 60^\circ)} - \frac{\cos(\alpha - 60^\circ)}{\cos \alpha} - 4.$$

Elle passe par les points suivants :

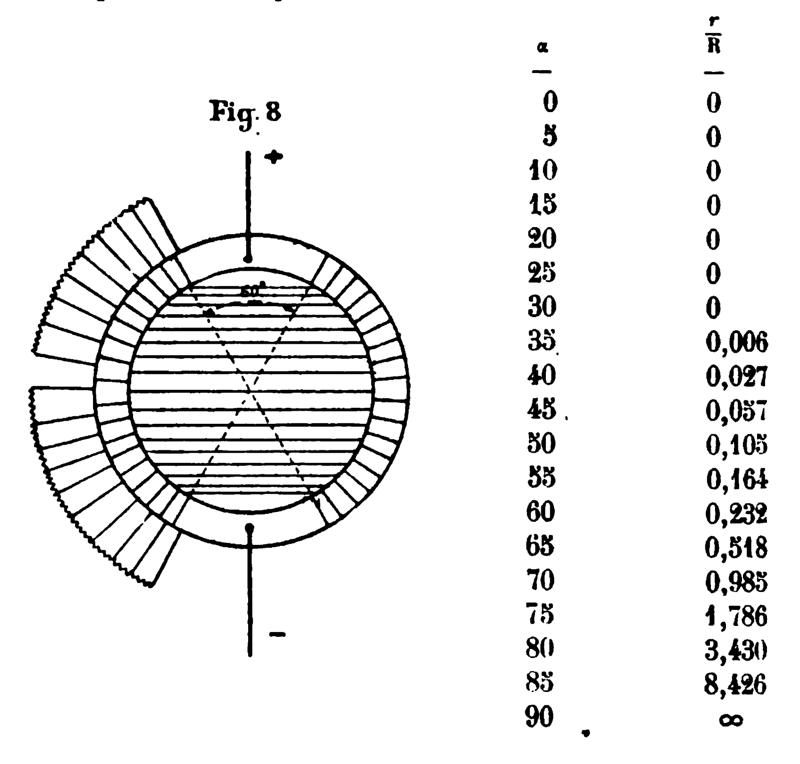


Fig. 8

α	$\frac{r}{R}$
0	0
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0
35	0,006
40	0,027
45	0,057
50	0,105
55	0,164
60	0,232
65	0,518
70	0,985
75	1,786
80	3,430
85	8,426
90	∞

Le collecteur présente donc deux secteurs pleins de 60 degrés auxquels aboutissent le courant continu et deux secteurs de 120 degrés garnis de lames. Des résistances calculées comme

il vient d'être dit sont interposées entre les lames d'un des secteurs seulement *(fig. 8)*.

Si on avait donné à K une autre valeur que 0,232, on aurait eu une autre solution du problème moins simple que celle-ci. Les valeurs de $K < 0{,}232$ donnent des courbes ayant des points au-dessous de $O\alpha$ et ne sont pas pratiques. Les valeurs de $K > 0{,}232$ donnent des courbes situées au-dessus de la première.

Remarquons que la courbe $\frac{r}{R} = f(\alpha)$ se compose de trois tronçons de courbes.

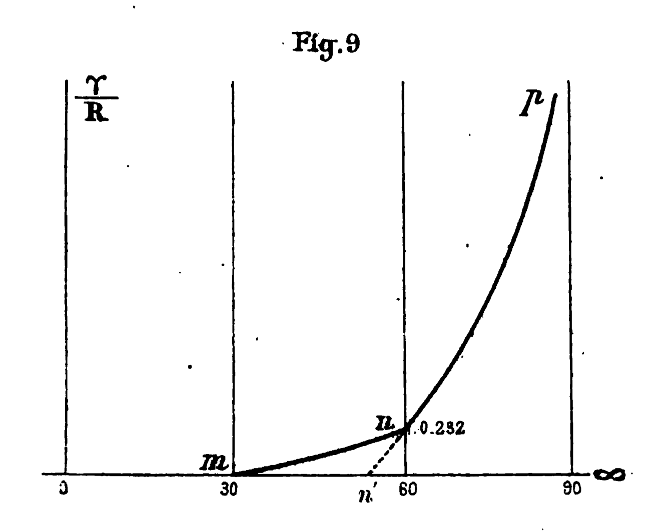
om, qui est une droite;

mn, qui est une courbe très peu inclinée sur $o\alpha$;

np, qui est une courbe rapidement ascendante *(fig. 9)*.

Si on remplace cette courbe par la courbe *on'p*, obtenue en

Fig. 9



prolongeant la portion *pn* jusqu'à l'axe $o\alpha$, on obtient des valeurs de $\frac{r_1}{R}$ qui ne fournissent pas une sinusoïde parfaite comme les précédentes, mais une courbe telle que [1] légèrement aplatie dans les environs de l'ordonnée $\alpha = 30$, mais qui se

rapproche tellement de la sinusoïde que, pratiquement, le résultat est le même *(fig. 10)*.

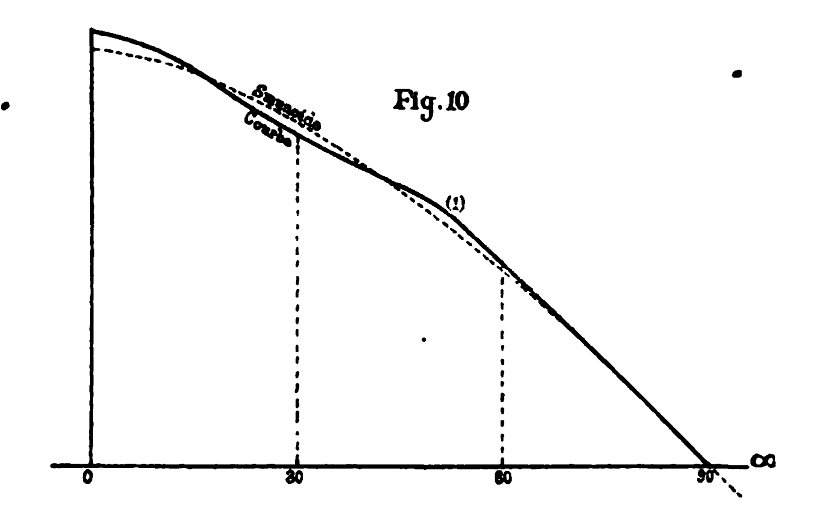


Fig.10

Le collecteur est alors formé de deux secteurs pleins de près de 120 degrés chacun séparés par deux secteurs d'environ 60 degrés garnis de lames *(fig. 11)*.

2° *Fonctionnement de l'appareil de synchronisme.*

1° Quand les balais sont immobiles, le transmetteur est un commutateur qui distribue le courant continu dans les trois fils de ligne, de façon que les intensités y soient respectivement :

$$\frac{E}{1,732R}\cos x, \qquad \frac{E}{1,732R}\cos\left(x+\frac{2\pi}{3}\right), \qquad \frac{E}{1,732R}\cos\left(x+\frac{4\pi}{3}\right)$$

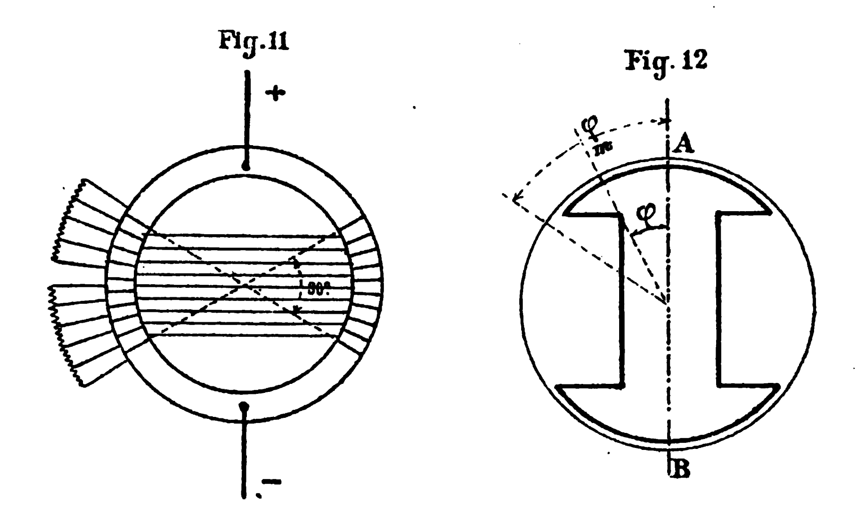
Il en résulte dans le stator du moteur (bipolaire, par exemple) un champ fixe dans lequel s'oriente le rotor et où il est maintenu énergiquement par l'effet des forces électromagnétiques, dans une position d'équilibre AB. Si on écarte le rotor de cette position AB d'un angle φ, le couple qui tend à le ramener a une valeur qui croît avec φ *(fig. 12)*.

Pour un certain angle φ_m d'écart il y a décrochage. Le couple est alors maximum C_m. On peut rendre ce couple C_m aussi grand qu'on veut en donnant des dimensions suffisantes au moteur et en

élevant suffisamment le voltage de la source de courant. continu;

2° Quand les balais commencent à tourner, le moteur démarre. Le champ tournant dans le stator tourne par bonds. Chaque bond correspond au passage d'une lame à l'autre.

Il en résulte que le couple de démarrage C_D est plus petit que



le couple C_m, car il est égal au couple correspondant à un écart égal à [φ_m — 1 bond].

Si ces bonds sont irréguliers, le couple de démarrage pourra être très différent de C_m.

Si, au contraire, les bonds sont réguliers et le nombre de lames élevé, le couple de démarrage sera très voisin de C_m. C'est pour cela que nous nous sommes attachés à avoir du courant sinusoïdal;

3° Enfin, quand les balais tournent à leur vitesse de régime, le moteur synchrone se comporte comme s'il fonctionnait sur du courant triphasé ayant une fréquence égale à cette vitesse.

La forme sinusoïdale du courant se maintient jusqu'à des vitesses élevées, comme des essais à l'oscillographe exécutés à Saint-Étienne l'ont montré.

LA
PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

PAR LES

PLAQUES AUTOCHROMES DE MM. LUMIÈRE FRÈRES (1)

PAR

M. J. CARPENTIER

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Pour bien comprendre la portée du problème de la photographie des couleurs, il faut se rendre un compte exact de ce qu'est la photographie que j'appellerai *ordinaire*.

La *photographie ordinaire*, pour fixer les images fournies par la chambre noire, utilise la propriété que possèdent certains sels

(1) Voir bulletin de mai, p. 724.

Cette Conférence, faite le 16 mai 1908, à l'occasion du soixantenaire de la Société des Ingénieurs Civils, était accompagnée de nombreuses et magnifiques projections en couleur qui ne peuvent être reproduites ici. Elle fut précédée de l'avant-propos suivant :

AVANT-PROPOS

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MES CHERS COLLÈGUES,

La communication que je vais vous faire avait été inscrite pour la séance du 21 février dernier. Une circonstance imprévue m'obligea d'en demander la remise.

Sur ces entrefaites, le Comité de notre Société, ayant eu à s'occuper d'organiser les fêtes de son soixantenaire, jugea le sujet que je me proposais de traiter devant vous digne d'illustrer notre séance plénière : c'est un honneur que mérite certainement l'œuvre que j'ai à vous faire connaître ; mais, comme cet honneur rejaillit en partie sur votre conférencier, je tiens à adresser tout d'abord à notre Comité mes très sincères remerciements.

Vous savez, mes chers Collègues, d'après le titre de ma communication quel est son objet : je veux vous initier aux remarquables travaux sur la photographie des couleurs qu'ont accomplis, en ces dernières années, deux éminents de nos compatriotes, MM. Auguste et Louis Lumière, de Lyon, et vous présenter les brillants résultats auxquels ils sont parvenus.

Les superbes projections qui vont défiler devant vous parleront à vos yeux si éloquemment que je pourrais ne les accompagner d'aucun commentaire. Cependant, ici plus que partout ailleurs, on tient à comprendre et, avant de charmer vos regards, je ne saurais vraiment me dispenser de vous expliquer en quelques mots ce que vous allez voir. Je ne vous ferai pas un cours sur les divers procédés de la photographie des couleurs. Le temps me manquerait et je craindrais de vous fatiguer, tant le sujet est vaste. Je veux seulement vous faire parcourir rapidement, dans le domaine de la photographie, une ligne droite allant de ses confins au point qu'y occupent actuellement les nouveaux procédés Lumière. Je rappellerai des choses que beaucoup d'entre vous connaissent sans doute mais je serais heureux si, par l'enchaînement de mes explications, je jetais un peu de clarté dans l'esprit de ceux qui sont moins bien informés.

d'argent de se décomposer sous l'influence de la lumière et de produire un dépôt d'argent métallique noir, d'autant plus abondant que l'action de la lumière, dans un temps donné, a été plus intense.

La photographie ordinaire donne des épreuves composées de noir et de blanc et reproduit, il faut le dire, bien imparfaitement les images si brillantes qui s'observent sur la glace dépolie de la chambre noire. Aussi, dès le lendemain de l'invention de Daguerre, l'activité des chercheurs s'est-elle appliquée à poursuivre la découverte de corps qui, illuminés par des colorations quelconques, fussent susceptibles de prendre et de garder définitivement la propriété de ne plus refléter d'autres colorations.

On comprend de suite quelle distance séparerait des corps aussi extraordinaires, des sels d'argent qui, sous l'influence des couleurs les plus variées, se contentent de noircir ou de ne pas noircir.

Si chimérique que paraisse la recherche de tels corps, un certain nombre de physiciens, attirés par des observations de nature primitivement inexpliquée, l'ont longtemps poursuivie et quelques-uns ont même obtenu des résultats véritablement illusionnants. Parmi eux, il convient de citer Daguerre lui-même (1839), Edmond Becquerel surtout (1848), Niepce de Saint-Victor, etc. La voie dans laquelle s'étaient engagés ces savants conduisait bien à une solution, solution grandiose, mais solution latérale, si je puis dire aussi. Inconscients des résultats qu'ils avaient en mains, ces savants n'aboutirent pas. Il appartenait à notre illustre compatriote Lippmann d'interpréter judicieusement les phénomènes observés, d'en régler scientifiquement la production et de créer ainsi la méthode interférentielle. La géniale invention de Lippmann, qui date de 1891, est un des plus beaux exemples à citer de la puissance de l'esprit scientifique. Il n'entre pas dans le cadre de cette conférence d'exposer la méthode interférentielle, dont chacun de vous a quelque notion. Bien qu'elle représente une des formes de la *méthode directe* de la photographie des couleurs, de celle qui fait, pour ainsi dire, naître les couleurs sur la couche photographique elle-même, elle ne réalise pas encore la solution rêvée du problème ; au lieu de vaincre les difficultés, on pourrait presque dire les impossibilités de ce problème, elle les a tournées. Les épreuves qu'elle donne ne sont pas colorées au sens vulgaire du mot ; elles ne se voient colorées que par un jeu particulier de la lumière. Mais, quand

les conditions nécessaires à leur observation sont réalisées, elles présentent un aspect d'une rare perfection.

En dépit des utopistes, qui restent attachés à la solution intégrale de la photographie des couleurs, à la *méthode directe*, il faut convenir que les seuls résultats vraiment pratiques ont été obtenus par une autre méthode, qui a paru tout d'abord terre à terre mais qui s'est révélée depuis d'une grande fécondité.

Cette méthode, *indirecte*, admet, dans ses moyens d'action, l'emploi de teintures auxiliaires et elle a recours à la photographie ordinaire pour rendre automatique la répartition de ces teintures.

La *méthode indirecte* serait évidemment impraticable, si elle exigeait l'emploi d'un nombre illimité de teintures. Mais, s'appuyant sur un principe expérimental, le *Principe des trois couleurs*, qui a été entrevu depuis fort longtemps, proclamé et soutenu chaudement au siècle dernier par de grands physiciens comme Brewster, Young et Maixell, elle se contente de trois teintures.

Le *Principe des trois couleurs* pose que toutes les couleurs, quelles qu'elles soient, peuvent être regardées comme le résultat du mélange de trois couleurs fondamentales déterminées.

Le *Principe des trois couleurs* n'a jamais reçu de démonstration formelle : il doit être simplement la traduction d'un fait physiologique relatif au mécanisme de notre vision.

Pour tous ceux qui ont fait un peu de peinture à l'eau, l'acceptation de ce principe ne soulève aucune difficulté ; nous savons, en effet, par notre expérience personnelle, que, avec trois pains de couleurs, un bleu, un jaune, un rouge, on arrive facilement, par des mélanges convenables, à réaliser tous les tons nécessaires à la composition d'un tableau.

C'est à deux de nos compatriotes, Ducos du Hauron et Ch. Cros que l'on doit la création de la méthode indirecte de la photographie des couleurs. A l'époque de leur invention, ces deux chercheurs vivaient éloignés l'un de l'autre. Chacun d'eux, sans avoir connaissance des travaux de son émule, conçut non seulement la même méthode générale, mais encore presque identiquement la même série de procédés d'application.

Particularité historique curieuse, les deux notes que Ducos du Hauron et Ch. Cros adressèrent à la Société Française de Photographie pour faire connaître leurs travaux, parvinrent à cette Société le même jour de l'année 1869.

Ducos du Hauron et Ch. Cros ont indiqué, dès l'origine de leurs

publications, divers procédés qui ne furent essayés que longtemps après. Celui auquel se sont attachés en dernier lieu MM. Lumière et qu'ils ont porté à un haut degré de perfection est de ceux-là. Mais il a fallu près de quarante années pour que l'outillage photographique s'améliorât au point de rendre réalisable la solution primitivement entrevue et pour qu'il se rencontrât des réalisateurs assez éclairés et assez intrépides pour la mettre sur pied.

Pour faire l'application du principe des trois couleurs, la première chose est de déterminer ces trois couleurs fondamentales, génératrices de toutes les autres. L'expérience montre que les couleurs qui répondent aux conditions imposées sont : l'orangé, le vert et le violet. Mais il faut bien s'entendre et ne point se contenter de mots vagues. Voici comment nous définissons ces trois couleurs.

Représentons-nous le spectre de la lumière solaire et divisons-le en trois régions : la première allant du rouge à la raie D ; la deuxième allant de la raie D à la raie F ; la troisième allant de la raie F à la limite du violet. L'orangé fondamental est la couleur résultant de la combinaison de toutes les radiations comprise dans la première région ; le vert correspond de même à la deuxième région ; le violet à la troisième.

Il est bien évident que ces trois couleurs par leur combinaison donnent du blanc, puisqu'elles réunissent, à elles trois, toutes les radiations du spectre de la lumière blanche. Ce qui importe, en outre, c'est qu'elles soient susceptibles, par leur mélange en proportions convenables, de fournir la gamme complète des impressions colorées que notre œil peut éprouver. Ce point-là, répétons-le, n'a encore été démontré par aucune théorie ; mais il paraît absolument établi par l'expérience et définitivement confirmé par les résultats saisissants auxquels conduit la méthode indirecte.

Pour faire comprendre les procédés de la photographie des couleurs par la méthode indirecte, rien ne vaudra mieux que de montrer comment elle résout un problème simple.

Proposons-nous donc d'appliquer ces procédés à reproduire sur un rideau de projection une teinte plate, celle d'un mur peint, par exemple.

Le matériel ordinaire de la photographie n'a pas besoin d'un complément bien important pour se prêter à l'exécution de ce travail. En outre de la chambre noire ordinaire et de la lanterne

de projection, nous devrons disposer de trois pellicules transparentes colorées, constituant de véritables filtres pour les radiations lumineuses. L'un des filtres ne devra laisser passer que les radiations correspondantes à l'orangé ; le second les radiations vertes, et le troisième les radiations violettes.

Nous procéderons d'abord à une analyse de la teinte proposée. Pour cela, nous mettrons dans notre châssis une plaque au gélatino-bromure recouverte du filtre orangé ; puis, braquant notre objectif sur le mur peint, nous impressionnerons notre plaque, pendant un temps de pose normal. Des radiations émises par le mur, seules les radiations orangées agiront sur la plaque photographique, dont la préparation, disons-le en passant, aura dû être combinée de manière à lui assurer la sensibilité convenable. Après développement de la plaque, le cliché obtenu sera d'une opacité évidemment proportionnelle à la composante orangée de la couleur du mur.

Prenons de ce cliché un positif par contact : ce contre-type sera d'autant plus transparent que le cliché lui-même est plus opaque. Sa transparence, en définitive, sera proportionnelle à l'intensité en orangé de la couleur du mur. Placé sur un faisceau lumineux d'intensité unitaire, ce contre-type *tamisera* ce faisceau et n'en laissera passer qu'une fraction correspondant à l'intensité de la composante considérée. On voit quel rôle aura joué la photographie : elle aura pour ainsi dire photométré une intensité lumineuse et traduit la mesure en fournissant un tamis de transparence proportionnée.

Utilisons de suite ce premier résultat opératoire et reconstituons sur le rideau de projection notre composante orangée. Notre lanterne met à notre disposition trois faisceaux de lumière blanche. Sur le trajet de l'un d'eux, interposons : 1° notre filtre orangé ; 2° notre tamis neutre. Il est clair que nous aurons ainsi réglé, d'une part, le ton, d'autre part, l'intensité du faisceau lumineux émergent, de telle sorte qu'il représentera très exactement la composante cherchée.

Faisons la même opération pour le vert, puis pour le violet. Voici sur le rideau trois taches qui figurent les trois composantes de la couleur du mur.

Superposons ces trois taches et nous aurons obtenu la synthèse de la couleur proposée.

Ce que nous venons de faire pour une teinte uniforme et

d'une certaine étendue peut évidemment se répéter pour un ensemble de petits éléments diversement colorés et juxtaposés, c'est-à-dire pour un tableau complet.

Qu'on photographie donc un sujet quelconque successivement à travers trois filtres : orangé, vert et violet. Des clichés obtenus, qu'on tire des contre-types positifs. Qu'on double ces contre-types respectivement par le filtre pelliculaire qui lui correspond. Qu'on les interpose, chacun ainsi doublé, sur le trajet d'un faisceau de lumière blanche. Qu'on amène à coïncidence, par un très bon repérage, les trois monochromes ainsi projetés, et l'on aura reconstitué le tableau original.

Avant d'aller plus loin, il importe d'indiquer un intéressant moyen d'obtenir le contre-type d'un cliché, moyen différent de celui qui consiste à en tirer un positif par contact.

Quand on a impressionné une plaque dans la chambre noire, le bromure d'argent a subi en chaque point une attaque proportionnelle à l'intensité lumineuse reçue : une partie du bromure est décomposée et une partie reste intacte. La somme de ces deux parties est constante. La partie décomposée correspond à ce qui arrivait de lumière en ce point ; la partie non décomposée correspond, si je puis m'exprimer ainsi, à ce qui y arrivait d'obscurité. S'il était donc possible d'éliminer le bromure décomposé et de faire noircir le bromure non décomposé, les gradations de ce dernier représenteraient exactement les ombres du sujet et le cliché obtenu serait, non pas un négatif, mais un positif direct.

Eh bien ! il est très simple d'éliminer le bromure attaqué par la lumière et de faire noircir le reste. On exécute dans l'obscurité le développement du cliché sortant de la chambre noire : le bromure attaqué se décompose et donne naissance à un dépôt noir d'argent métallique. Cet argent peut facilement être dissous dans un bain de permanganate de potasse acide. On expose alors à la lumière le bromure demeuré intact et on le développe à son tour. Le fixage est inutile, puisqu'il n'y a plus de bromure salin libre. Un simple lavage termine le positif demandé.

Si, au lieu de reconstituer un tableau coloré *par projection*, on veut le reproduire *par impression* sur papier ou sur verre, le mode opératoire est sensiblement le même. Toutefois, la réutilisation des filtres pelliculaires est évidemment impossible et la confection des monochromes exige l'emploi de teintures spéciales. Le choix de ces teintures est déterminé par certaines considérations

dont je n'entreprendrai pas ici de vous faire l'exposé ; cela nous mènerait trop loin.

Mais je fais passer sur l'écran la projection de trois diapositives trichromes obtenues comme il vient d'être dit. La première de Ducos du Hauron (1869), et la deuxième de Ch. Cros et Carpentier (1881), présentent un intérêt historique. La troisième, de MM. Lumière, est récente.

Les résultats obtenus, pour la dernière au moins, sont vraiment remarquables. Je ne puis vous cacher toutefois que l'obtention de pareilles épreuves n'est ni chose prompte, ni chose facile. Les opérations à exécuter sont multiples et délicates ; les facteurs d'où dépend l'exactitude du résultat final sont nombreux ; les erreurs sont faciles à commettre et le succès complet est aléatoire.

Les nouveaux procédés Lumière n'exigent que l'emploi d'une seule plaque et qu'une seule série d'opérations ; ils sont d'une pratique aisée et rapide.

Les plaques fabriquées et mises dans la circulation par MM. Lumière ont reçu le nom de plaques *autochromes*, parce qu'elles portent en elles-mêmes tous les éléments qui leur permettent de reproduire les couleurs.

Comment la méthode indirecte qui repose sur la constitution ternaire des couleurs, qui exige une triple décomposition de chaque rayon lumineux et une triple synthèse, peut-elle opérer d'un seul coup, et d'un seul coup donner un résultat complet? L'exposé des théories qui précèdent a fait déjà connaître tout ce qu'il faut pour le comprendre immédiatement.

Revenons à l'un des points précédemment exposés et considérons de nouveau sur le rideau de projection les traces des trois composantes de la teinte plate que nous avons reconstituée. Pour faire la synthèse de ces trois composantes, nous les avons fait coïncider en les superposant exactement. Eh bien, moyennant une certaine condition, cette superposition n'aurait pas été nécessaire ; l'imperfection même de notre œil, qui est incapable de distinguer les objets de dimensions inférieures à certaines limites, l'aurait rendue inutile. Supposons que les trois taches, restant toujours en contact, diminuent progressivement et deviennent assez petites pour que nous ne les distinguions plus l'une de l'autre : leur ensemble impressionnera notre œil comme si elles étaient confondues et sa couleur sera celle qui correspond à la combinaison des couleurs concourantes.

Donnons de mon affirmation une preuve expérimentale. Voici sur l'écran la projection d'un vitrail composé de trois espèces de cellules, en nombre égal et de même puissance chromatique : des cellules orangées, des cellules vertes, des cellules violettes. Ce vitrail paraît multicolore. Rapetissons ses cellules jusqu'à ce qu'elles soient imperceptibles : le vitrail nous paraîtra blanc. C'est que, en chacun de ses points, se trouvent juxtaposés les trois éléments de la lumière blanche, à une distance trop petite pour que notre œil puisse en opérer la séparation.

Que certaines des cellules viennent à être plus ou moins obscurcies, l'équilibre, qui produisait du blanc, se trouvera altéré, et la surface paraîtra immédiatement colorée.

Elle paraîtra uniformément colorée si nous agissons en même temps et de la même manière sur toutes les cellules semblables.

Voyez sur l'écran les teintes plates obtenues successivement en bouchant toutes les cellules d'une même espèce, puis celles de deux espèces.

Comment, dans ces exemples, avons-nous obturé les cellules dont nous voulions supprimer l'influence? En plaçant derrière chacune d'elles un de ces tamis argentiques, dont nous avons indiqué plus haut la composition, et auxquels nous avons donné cette fois une opacité complète. En leur donnant une opacité atténuée, nous aurions obtenu, comme nous l'avons déjà dit, des couleurs quelconques.

Mais comment, derrière les cellules microscopiques de notre vitrail, avons-nous pu placer des tamis argentiques également microscopiques? Vous le comprendrez facilement quand vous saurez que les vitraux sur lesquels j'ai opéré sont des *plaques autochromes* et que celles-ci ont été traitées photographiquement.

Chaque plaque autochrome comporte un vitrail à cellules microscopiques identique à celui dont nous avons fait tout à l'heure la description, et comporte, sur ce vitrail, une couche de gélatino-bromure destinée à fournir les tamis argentiques modérateurs.

Pour colorer en orangé une pareille plaque, il suffit de l'illuminer avec de la lumière orangée, traversant, bien entendu, le vitrail avant d'atteindre le gélatino-bromure, puis de soumettre la plaque au développement double déjà décrit, et au moyen duquel on obtient directement des contre-types. Dans ces conditions, tous les éléments sensibles placés derrière les cellules vertes et violettes se bouchent ; tous les éléments placés derrière les cellules orangées deviennent transparents et le

vitrail examiné sur un champ de lumière blanche parait le uniformément orangé.

Qu'on illumine une plaque autochrome avec une lumière homogène, mais de composition plus compliquée, le même développement double la mettra dans un état tel qu'elle prendra, par transparence, la couleur qu'elle aura reçue.

Qu'on place enfin une plaque autochrome dans le châssis d'une chambre noire et qu'on l'impressionne au moyen d'une image fournie par l'objectif, chaque point prendra, pour ainsi dire l'empreinte du rayon lumineux qu'il aura reçu et, après le développement double, reconstituera ce rayon lumineux, de telle sorte que la plaque autochrome, dans son ensemble, restituera le tableau même que l'objectif aura peint pendant un instant à sa surface.

Examinons les moyens matériels que MM. Lumière ont adoptés pour réaliser leurs plaques autochromes.

Les cellules du vitrail fondamental sont constituées par des grains de fécule d'un diamètre de 0,01 mm environ. Cette petitesse est nécessaire pour qu'ils ne puissent être distingués par l'œil. même aidé d'une loupe ; leur régularité est également nécessaire, cela va sans dire ; aussi le triage en est-il fait avec un soin tout particulier. La fécule du commerce ne contient que 2 ou 3 0/0 de grains de la taille convenable.

Des grains triés, trois lots sont faits ; le premier lot est teint en orange, le deuxième lot en vert, le troisième lot en violet. Le choix des teintures nécessite, on le conçoit, de minutieuses recherches ; car, non seulement ces teintures doivent être de couleur convenable, mais elles doivent être bon teint et, de plus, être bien acceptées par la fécule.

Une fois teints, les grains de fécule sont mélangés en proportions convenables ; la poudre obtenue doit être homogène et de ton rigoureusement neutre.

Après cela, cette poudre est étalée sur les plaques de verre, qui, pour la retenir, sont recouvertes d'un enduit poisseux : l'opération est exécutée mécaniquement ; les grains doivent être juxtaposés, sans superposition et sans vides. Afin de réduire les interstices existant entre ces petites sphères, on leur fait subir un laminage et on les transforme ainsi en prismes hexagonaux. Cette opération présente une très grande utilité, mais elle est très délicate. En effet, le grain de fécule est très résistant et, pour l'aplatir, il faut exercer une pression de plusieurs cen-

taines de kilogrammes par centimètre carré ; le verre est très fragile et jamais plan ; aussi procède-t-on par éléments successifs très petits. Après le laminage subsistent encore de microscopiques interstices qu'il faut faire disparaître ; on les bouche avec de la poudre de charbon impalpable que l'on répand en s'arrangeant de manière qu'il n'en reste pas trace à la surface des éléments colorés.

Le vitrail étant ainsi constitué, on le couvre d'une mince pellicule de vernis au caoutchouc, afin de le protéger contre l'action des bains dans lesquels la plaque sera ultérieurement plongée.

Enfin, sur le tout, on étend une solution de gélatino-bromure. Ce gélatino-bromure doit présenter une sensibilité pratiquement uniforme dans toute l'étendue du spectre visible.

Pour faire usage d'une plaque autochrome, on la place dans un châssis ordinaire, mais à l'envers, de manière qu'elle soit impressionnée par le dos. Si le châssis employé contient des ressorts, il faut placer une feuille de carton sous la plaque afin de la protéger. Pour la mise au point, il faut tenir compte de ce que la surface sensible est reculée de 1,5 mm à 2 mm par suite de l'épaisseur du verre. Il est, en outre, nécessaire d'interposer sur le trajet des rayons lumineux un écran jaune destiné à compenser l'excès d'activité des radiations bleues et violettes et à arrêter celles qui n'appartiennent pas au spectre visible.

Le temps de pose est forcément plus long que pour la photographie ordinaire. Toutefois, il est encore court. Avec un objectif travaillant à F/8, la pose se réduit en été, vers midi, par belle lumière, à une seconde. Dans d'autres conditions, elle doit être modifiée, et c'est précisément son appréciation judicieuse qui présente en pratique une certaine difficulté.

Il est de toute importance que la pose soit exacte, car, dans le traitement des plaques autochromes, la réparation d'une erreur de pose ne peut se faire par modification du développement. En effet, en raison de la sensibilité des plaques autochromes à toutes les radiations, leur développement doit se faire dans l'obscurité absolue : il n'est pas possible de le suivre ; il doit être automatique. La plaque, après avoir séjourné dans le bain pendant un temps déterminé, toujours le même (en fait, 2 minutes et demie), doit être développée à fond. Ce résultat n'est atteint que si la pose a été correcte, et c'est ce qui donne tant d'importance à l'exactitude de ce facteur.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des opérations du développement double, dont la description se trouve dans les notices qui accompagnent chaque boîte de plaques. Mais nous voulons remercier ici publiquement les artistes qui, à côté de MM. Lumière, ont bien voulu nous confier leurs œuvres : MM. Adrien Bouldoyre, Gimpel, Jeuffrain, Monpillard, Personnaz et le professeur Wallon, notre ami personnel, qui, à sa profonde science de l'optique photographique, joint un véritable talent pictural. Nous devons remercier également M. Massiot, le digne successeur de Molteni, et M. Gabillat, l'habile opérateur de MM. Lumière, pour le concours précieux qu'ils nous ont prêté dans l'organisation matérielle des projections.

M. J. Carpentier termine par une série de projections de plaques autochromes Lumière qu'il fait précéder des paroles suivantes :

Mes chers Collègues,

Je sais l'accueil que rencontrera auprès de vous le défilé des beaux tableaux que j'ai à vous montrer et je me réjouis d'avance des marques que je m'apprête à recueillir de votre admiration. Ce que je vous invite toutefois à admirer par-dessus tout, c'est la science consommée, l'ingéniosité rare, la ténacité exceptionnelle qui ont conduit MM. Lumière au succès. Leurs plaques autochromes ne sont pas des produits de laboratoire préparés par des opérateurs hors ligne : ce sont des produits industriels fabriqués mécaniquement par des manœuvres simplement soigneux. On doit hautement féliciter MM. Lumière, ces deux éminents Français, qui ont apporté successivement une contribution si considérable à la photographie du mouvement, avec leur cinématographe, et à la photographie des couleurs, avec leurs plaques autochromes.

LES
MOYENS DE COMMUNICATION
A TRAVERS LE PAS-DE-CALAIS
ET LA
QUESTION DES FERRY-BOATS [1]

PAR

M. J. LEGRAND

Les personnes qui n'ont jamais vu de ferry-boats ont peine à se figurer qu'un bateau puisse transporter en toute sécurité des trains de chemins de fer. Or, un rapide de 350 t est déjà bien lourd. Il en est de même d'un train de marchandises de 900 t et un cargo capable de porter 900 t est bien peu de chose.

La grosse affaire n'est pas que les wagons sont lourds mais bien qu'ils tiennent de la place. On ne peut les passer par les panneaux, il faut les laisser sur le pont. Les bateaux naviguent d'ailleurs très bien avec des poids dans les hauts, à la condition d'en avoir dans les fonds qui leur permettent de se tenir debout. Tous les navires de guerre sont dans ce cas, de même les bateaux qui transportent des bois, des vins en barriques, etc. Le Cirque Barnum avait ses trains spéciaux, qui ont traversé l'Atlantique, sur le pont de navires ordinaires. On doit charger et décharger à la grue et l'opération est forcément assez lente.

Les bateaux spéciaux dits ferry-boats sont, au contraire, aménagés pour transborder rapidement les véhicules par simple roulement.

Lorsqu'il existe un pont supérieur abritant les wagons, la muraille qui joint les deux ponts est percée d'ouvertures qui permettent aux wagons de pénétrer dans le navire. Ces portes sont closes pendant la traversée.

Les voies posées sur le pont du navire sont raccordées aux

(1) Voir Bulletin de juin, p. 910.

voies de terre dans les ports d'escale à l'aide d'un tablier mobile qui fait passerelle de raccordement. Ceux des membres de la Société des Ingénieurs Civils qui ont vu de semblables installations savent que les transbordements s'opèrent très simplement et très vite. Sans quitter l'Europe, on peut en voir entre l'Italie et la Sicile, à l'entrée du Zuyderzée et surtout dans la Baltique et les détroits danois.

Lorsque la reine d'Angleterre se rend à Copenhague, un wagon salon de la Compagnie du Nord est mis à sa disposition à Calais. Arrivé au Danemark, il franchit le Petit Belt, puis le Grand Belt en ferry-boats. Il pourrait continuer jusqu'en Suède par le même procédé *viâ* Copenhague-Malmoe. On pourrait aussi le renvoyer à Berlin *viâ* Gjedser-Warnemunde. Il traverserait alors la Baltique sur de grands ferries qui font un trajet plus long que le Pas-de-Calais.

D'ici deux ans, l'Allemagne sera en relation directe avec la Suède, grâce à la ligne Sassnitz-Trelleborg. La distance franchie sera la même que de Dieppe à Newhaven ou d'Ostende à Douvres.

La Planche 162 indique les principales lignes de ferry-boats à grand trajet, toutes figurées à la même échelle. Il faudra bientôt y ajouter, outre Sassnitz-Trelleborg, le ferry de Key West à la Havane, qui franchira 90 milles marins. Cette planche montre, en outre, que partout où les ferry-boats ont été institués pour établir la communication sans rupture de charge entre deux lignes de chemins de fer, on a assisté à une rapide progression du trafic.

Sur la ligne Gjedser-Warnemunde, on a compté, la première année, 65 251 passagers; au quatrième exercice, l'année dernière, ce nombre s'est élevé à 99 692, et l'on a transporté, en outre, 105 020 t de marchandises, avec une moyenne de 88 wagons par jour.

En ce qui concerne les voyageurs, chacun sait combien il peut être pénible de se transborder sur les quais d'un port, balayés par le vent ou glissants de pluie, avec la préoccupation de trouver à se caser le mieux possible. Lorsque cette gymnastique se renouvelle deux fois dans le cours d'une nuit, il n'y pas de repos possible. Or, les trajets de nuit s'imposent aux gens pressés, et ils ont, en outre, l'avantage d'épargner des journées d'hôtel aux voyageurs ménagers de leurs deniers. Seulement, encore faut-il qu'ils ne soient pas écrasés de fatigue et hors

d'état de s'occuper de leurs affaires à l'arrivée à destination. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris si les trajets directs de nuit par ferry-boats ont un grand succès. Évidemment, on n'est pas à l'abri du mal de mer, mais on n'y est pas prédisposé par le froid et l'humidité, on peut être couché, au chaud, conditions les meilleures pour l'éviter.

Pour ce qui est des marchandises ordinaires, plus de pertes de temps, d'avaries, de vols lors des transbordements. Plus d'emballages spéciaux coûteux. Le trafic des marchandises périssables : denrées, primeurs, fruits, fleurs, est rénové par la suppression de la rupture de charge. Des transports nouveaux deviennent possibles, exportation de viandes de boucherie, de gibier, de volailles, lait, marée, par wagons frigorifiques.

Il n'y a donc pas lieu de se montrer surpris de la rapidité avec laquelle le trafic se développe sur toutes les lignes de ferry-boats.

Tous les avantages que nous venons de mentionner seraient réalisés intégralement, avec, en plus, la suppression du mal de mer, pour la communication entre la France et l'Angleterre, si le détroit du Pas-de-Calais était franchi par un ouvrage fixe, pont ou tunnel.

Le pont a fait l'objet d'études très détaillées. On a dû reconnaître que son premier établissement et son entretien annuel seraient beaucoup plus onéreux que la solution du tunnel. La construction du pont présente d'ailleurs l'inconvénient grave de semer des piles, qui sont autant d'obstacles, sur une des routes maritimes les plus fréquentées du globe. Pour que la sécurité de la navigation ne soit pas diminuée, il faudrait, non seulement éclairer et baliser les piles, mais disperser le brouillard, les grains de pluie et de neige, rendre aux voiliers la liberté de faire route en courant des bordées dans le détroit, et il faudrait, en outre, que les moyens employés eussent l'agrément de toutes les nations maritimes en situation de faire valoir une opposition, fondée ou non.

Personne n'envisage actuellement la construction du pont et la société qui avait fait étudier le projet s'est liquidée.

Le tunnel, par contre, est faisable, et sera fait. On parlait d'un prix de revient de 200 millions, il y a vingt-cinq ans. Les estimations s'élèvent maintenant à 400 millions en dépit des progrès de la technique; c'est un gros capital à rémunérer. Il eût été absolument impossible d'y arriver vers 1888. Une attente d'un

quart de siècle a permis au trafic de se rapprocher de l'étiage indispensable.

L'opinion anglaise a été consultée en 1906-07, le Gouvernement libéral a déclaré son sentiment. Il faut attendre encore. Lorsque l'heure sera venue, on disposera d'un volume de trafic tel qu'il ne sera plus permis de conserver aucun doute sur la rentabilité de l'affaire, comme disent les Allemands.

Il est bien certain qu'entre temps les moyens de transport à travers le détroit se sont incessamment perfectionnés. En 1875, on a essayé un bateau, le Bessemer, qui avait quatre roues pour résister au roulis, des formes particulières à œuvres mortes rentrantes, pour limiter le tangage. Le salon des passagers était monté sur des amortisseurs en caoutchouc. Ce bateau était trop grand pour les ports de l'époque; il renversa la jetée de Calais à sa première entrée. Un peu plus tard, on fit des bateaux à double coque, le Castalia, le Calais-Douvres.

Les deux coques étaient reliées par une charpente portant le salon. La résistance au roulis était évidemment très grande, mais les attaches se disloquaient par mer agitée, et ces bateaux ne firent de service qu'en été.

Tous les essais de salons plus ou moins suspendus à la Cardan ont misérablement échoué, à cause des réactions des forces d'inertie qui arrachaient tout.

Ces tentatives avaient pour objectif la guerre au mal de mer.

En réalité, l'amélioration du sort des passagers a été réalisée par l'agrandissement des navires; ils sont devenus assez longs pour porter sur plusieurs crêtes de lames, ce qui a réduit le tangage. Leur hauteur sur l'eau a augmenté, ce qui a permis de se tenir en plein air par tous les temps. Ils sont assez lourds pour défier la mer courte, creuse, hachée, qui se forme dans le détroit. La proportion des malades est réduite aux sujets très impressionnables.

Les bateaux du Nord déplacent 2200 tx, alors que les paquebots à roues anglais du dernier modèle ne dépassaient guère 900 tx. L'amélioration a été immédiate et sensible. Les paquebots à turbines sont un peu moins gros, mais beaucoup plus hauts sur l'eau; la stabilité a été réduite à dessein pour obtenir des mouvements très doux.

La durée du supplice a été réduite à un minimum. Le trajet de 21 milles et demi se fait en un peu plus d'une heure; en passant de la vitesse de 18 nœuds à celle de 20 nœuds en route,

on a gagné quelques minutes, mais les temps perdus en manœuvres de port représentent maintenant une fraction si importante de la durée du parcours du quai à quai, qu'il faudrait faire des vitesses vertigineuses si on voulait obtenir un raccourcissement sensible.

Du temps des paquebots à voiles, il y a cent ans, on mettait parfois huit heures à franchir le détroit. Vers 1830, on eut des paquebot à roues de 27 m de longueur, et le record des traversées était de trois heures. Ceux de 1860 avaient 54 m de longueur; pour l'Exposition de 1889, on atteignit les 100 m et la traversée de une heure et demie.

Ces progrès n'ont pu être réalisés que grâce aux travaux effectués dans les ports du détroit. Calais a été transformé; il y a vingt ans, on devait parfois transborder sur une allège de 2 m de tirant d'eau; il y trente ans, aux grandes basses mers, on pouvait passer d'une jetée à l'autre à pied. Maintenant, les paquebots du Chemin de fer du Nord entrent, quelle que soit la marée avec tirant d'eau de 3,30 m, le chenal est dragué à la cote 4 m, et l'on projette l'enlèvement de la vieille jetée de l'Ouest, fondée trop haut, pour creuser encore davantage.

On réalise, par étapes, à Boulogne un port en eau profonde qui finira par offrir des quais accostables par les transatlantiques, et bien raccordés au chemin de fer.

Douvres n'avait jadis que sa jetée débarcadère, dite de l'Amirauté. Elle a doublé dè longueur, de nouvelles jetées, et un brise-lames du large en ont fait un port fermé, point d'appui de la flotte anglaise, qui coûte plus de 100 millions à nos voisins, et reçoit en escale des paquebots de 20 000 tonnes.

Le chemin de fer du South Eastern a créé un débarcadère à Folkestone, bien outillé pour la manutention des marchandises à toute heure de la marée.

Tous ces efforts ont été justifiés par le développement du trafic. En 1882, pour ne pas remonter plus loin, il passait 464 000 voyageurs par les divers ports de Douvres à Southampton, à destination ou en provenance de la France. Sur ce nombre, 223 000 suivaient la voie de Calais.

Or, en 1907, on a compté, rien que par Calais, 353 992 passagers. *Vià* Boulogne, il y en a eu 308 452 et *vià* Dieppe 219 808.

Les échanges de marchandises par bateaux des Compagnies de chemins de fer ont progressé beaucoup plus lentement. Les

cargos du South Eastern et du Chatham transportaient 40000 t en 1869; ils en prennent 80000 maintenant.

Cela tient à la très grande concurrence qui leur est faite par des lignes directes sur Londres par la Tamise, qui évitent à la marchandise une manutention. Pour caractériser l'imperfection du mode actuel de transport, prenons le trafic des fruits.

Les trains se succèdent sur les quais de Calais et de Boulogne. La marchandise est embarquée à une vitesse maxima de 30 t à l'heure, moyennant l'emploi d'un outillage perfectionné et d'un nombreux personnel. Les fruits remis les premiers par les expéditeurs se trouvent nécessairement à fond de cale, et déchargés et réexpédiés les derniers. La manutention de déchargement à Folkestone est la répétition de ce qui s'est passé à l'embarquement; le tout coûte fort cher au transporteur, tout en abîmant la marchandise et en rendant impossible l'expédition des produits délicats. La traversée ne dure que deux heures, et cependant les fruits mettent douze à quinze heures à parvenir des quais de Calais au marché de Londres.

Le transbordement durant beaucoup plus que le transport par mer, on arrive à posséder neuf cargos pour le petit tonnage que nous avons signalé. Il est, en effet, impossible de leur faire faire plusieurs trajets par jour. On ne confie guère de marchandises aux cinq bateaux à turbines ou aux six bateaux à roues, qui doivent assurer cinq services journaliers, pour ne pas les retarder.

Les ferry-boats, dont la caractéristique est d'embarquer et débarquer en quelques minutes des trains complets, ne trouveront jamais une meilleure utilisation que dans le Pas-de-Calais, où il coexiste une grande densité de trafic possible et une courte traversée. Ceux du Danemark font trois navettes par jour. Le bateau transporte évidemment le poids mort des wagons, mais, à ce prix, il gagne des heures qui seraient consacrées à la manutention. Les frais de cette dernière se trouvent fortement réduits. La marchandise est beaucoup plus vite acheminée et en meilleur état.

Il est donc très explicable que l'opinion anglaise se soit montrée très favorable aux ferries. Les deux Gouvernements de France et d'Angleterre ont déclaré officiellement, en 1907, que, si l'entreprise était faisable elle était désirable. Les Compagnies de chemins de fer intéressées se sont défendues d'avoir la moindre hostilité contre le projet. Les hommes éminents qui sont à leur tête ont demandé qu'il fût soumis des projets détaillés visant

toutes les difficultés techniques que l'on rencontre dans l'application du système à la traversée du Pas-de-Calais.

Et d'abord, aurait-on des wagons susceptibles d'aller de Paris à Londres?

Fort heureusement, l'écartement entre les rails en Angleterre et en Écosse rentre dans les limites admises par l'Acte de Berne, qui régularise les échanges de matériel sur le Continent.

Mais le gabarit de chargement, dans lequel les wagons doivent passer pour être admis à circuler, est plus resserré en Angleterre. D'autre part, les wagons à marchandises anglais n'ont pas d'attelage à tendeur à vis, et se trouvent exclus par les règlements du réseau continental.

Notons tout de suite qu'une difficulté qui parait si grave n'a paralysé aucune des initiatives qui se sont manifestées depuis un demi-siècle pour l'établissement de communications meilleures entre les deux pays. Le dernier projet de tunnel a été soutenu par le monde des chemins de fer, qui ne voyait donc rien d'insurmontable à la fourniture du matériel international.

Sans faire de nouveaux wagons, on peut obtenir pour beaucoup d'entre eux l'autorisation de circuler en Angleterre. En effet, entre le gabarit de chargement et les ouvrages fixes, murs de tunnels, culées de ponts, etc., les règlements administratifs prévoient un certain jeu, et ce jeu est en Angleterre supérieur de 0,15 m de chaque côté à ce qui est prescrit en France. L'expérience ayant montré que la règle française était sans inconvénients, on peut espérer dilater le gabarit anglais par simple mesure administrative. Il est plus bas que le gabarit Nord, qui atteint la cote 4,28 m sur le rail au lieu de 4,11 m seulement. Mais les ouvrages d'art laissent un certain jeu et les wagons prennent rarement toute la hauteur du gabarit.

Il ne suffit donc pas d'appliquer les règlements pour trancher si les véhicules passent ou non. Il faut faire l'étude des lignes, relever des profils d'ouvrages et faire circuler ensuite, pour vérification du maximum permis, un wagon garni de lames de plomb dont l'enveloppe représente ce maximum.

Après une première étude, nous pensons qu'entre Douvres et Londres, soit par le South Eastern, soit par le Chatham, presque tout le matériel français petite vitesse peut passer, et que les véhicules G. V. ne sont exclus que par leurs marchepieds inférieurs, qui rencontrent tous les murs de quais et quelques poutres de ponts. Les quais à voyageurs anglais sont, en effet,

surélevés, et certaines constructions viennent à 2 pieds du rail, alors que la cote minima française est de 1 m.

Pour assurer le service des voyageurs de nuit entre Paris et Londres, il suffirait d'un petit nombre de véhicules dont la spécialisation n'entraîne aucun inconvénient. Il en serait de même des bureaux de poste ambulants, des allèges de la Malle de l'Inde, qui pourraient circuler entre Londres et Brindisi, en évitant les lenteurs du transbordement à Douvres et à Calais.

Mais pour faire le transit des denrées et des primeurs, il faudrait un effectif considérable de wagons spécialisés, dont l'évolution serait difficile à régler. Cette spécialisation existe par le fait: le Nord, l'Orléans, le P.-L.-M , ont des fourgons consacrés à ce trafic. A première vue; on ne voit pas bien en quoi le problème serait de beaucoup compliqué parce qu'ils pousseraient jusqu'à Londres au lieu de s'arrêter à Calais ou à Boulogne; ils sont renvoyés à vide et les Anglais pourraient bien s'abstenir de les charger de laines pour Roubaix, par exemple.

Mais le Chemin de fer du Nord déclare pour le moment la spécialisation inacceptable, à cause des servitudes d'exploitation, retards dans les expéditions en attendant le matériel convenable, long parcours à vide, triage onéreux. Il préconise la modification des ouvrages sur les lignes anglaises. Les quais peuvent être mis au type de la Ceinture de Paris; une bordure en porte à faux laisse passer par-dessous le marchepied inférieur des véhicules. Il faudra aussi substituer les quelques tabliers métalliques qui mordent sur le gabarit des parties basses.

La ligne de l'Ouest français entre Paris et le Havre avait été primitivement construite par des Ingénieurs anglais, aux mesures anglaises, avec un gabarit très serré, en particulier dans les tunnels. On a abaissé, il y a dix ans, le plan de pose de quelques centimètres sous les tunnels, on a relevé au vérin les tabliers de quelques passages supérieurs, pour admettre des gabarits plus grands. On peut conclure de ce précédent à la possibilité d'en faire autant en Angleterre.

L'application de cette solution serait beaucoup moins onéreuse que la construction d'un très grand nombre de wagons.

Mais, si l'autre solution était préférée en fin de compte, la gêne résultant de la spécialisation irait s'atténuant au fur et à mesure des entrées en service de nouveaux véhicules, car les Compagnies de chemins de fer se préoccuperaient évidemment des conditions

de libre circulation en Angleterre dans leurs commandes annuelles de matériel roulant.

Dans tous les cas, il y aura des wagons à échanger d'un côté à l'autre du détroit.

Leur camionnage constitue un problème nautique auquel plusieurs solutions ont été proposées dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle, en particulier par l'illustre Dupuy de Lôme.

Il s'agit alors de faire les services de voyageurs, à une vitesse inconnue à cette époque, et avec des navires suffisamment grands pour supprimer pratiquement le mal de mer.

Les bateaux étudiés par Dupuy de Lôme devaient avoir 135 m de longueur, 11,20 m de largeur dans œuvre et déplacer 4500 t.

Sir John Fowler voyait encore plus grand. Il lui fallait des bateaux de 7 000 t et 12000 ch.

Les promoteurs de ces divers projets se rendaient compte de l'impossibilité de faire entrer à toute heure de marée dans les ports d'alors, des navires aussi considérables. Dupuy de Lôme construisait au large de Calais un port en eau profonde relié à la côte par un viaduc. Sir John Fowler créait de toutes pièces un nouveau port à Andresselles, entre le Cap Gris-Nez et Boulogne.

Il fallait, en outre, créer un port fermé à Douvres.

Il est inutile d'insister sur les charges considérables qu'on devait prévoir : le projet Fowler, d'après le Board of Trade, exigeait 75 millions.

Les choses allèrent cependant fort loin, administrativement parlant. Le projet de port de Dupuy de Lôme subit avec succès l'épreuve des Commissions mixtes en 1871. Le projet Fowler passa devant les Communes et ne fut arrêté à la Chambre des Lords que par la voix prépondérante du Président.

Comme nous l'avons déjà noté, les circonstances se sont bien modifiées. Douvres reçoit des transatlantiques à quai. Aucun des ports français n'est dans une situation équivalente. Boulogne, le plus grand port de pêche de nos côtes, est encombré, et son port intérieur ne peut loger les installations de réception des ferry-boats. L'achèvement de son port en eau profonde est encore bien éloigné. Il faut donc prendre comme critérium les conditions d'accessibilité de Calais si l'on veut déterminer le plus gros bateau susceptible de faire un service indépendant de la marée,

et ce sera celui qui pourra porter le plus de wagons et où le mal de mer sera le plus rare.

L'entrée du port doit être faite avec un violent courant traversier, et l'expérience limite la longueur que l'on peut donner au navire, si l'on veut éviter qu'il aborde les jetées. Le tirant d'eau est également déterminé. Il n'y a d'indécision que sur la largeur.

Cette dernière est fonction du nombre de voies que l'on voudra poser sur le pont. Plusieurs grands ferries américains faisant la difficile navigation du Michigan, cette mer d'eau douce qui est plus grande que la Manche, sont pourvus de quatre voies, et l'on pourrait être tenté de les imiter; mais, ici, vu la profondeur de carène, le bras de levier du couple de redressement aurait une valeur exagérée. Les rappels de roulis seraient très brusques, on casserait tout. On pourrait réduire le moment d'inertie de la flottaison en la resserrant, mais alors les murailles du bateau seraient en encorbellement. Les navires de la Baltique ont des formes analogues et rien ne démontre que cette forme de maître couple ne conduirait pas à d'excellents résultats. Mais on a préféré éviter les critiques qu'elle eût soulevées, et les Chantiers de l'Atlantique, en se bornant à trois voies, ont pu dessiner une coque qui n'a rien d'inhabituel. Les trois dimensions étant ainsi fixées, le déplacement s'est trouvé de 3000 t environ et, en retirant le poids de coque, il est resté une disponibilité à répartir entre l'appareil moteur et le chargement.

On s'est aperçu que, si l'on voulait prévoir une machine, même à turbines, capable de faire faire 20 nœuds au bateau, il ne resterait presque plus rien pour les wagons. On a donc pris le parti de leur réserver une tranche de l'exposant de charge correspondant à la longueur totale de voies prévue à bord, soit 270 m environ. Il est resté un tonnage suffisant pour embarquer une machine permettant de faire 17 nœuds en route.

La traversée sera évidemment plus longue que pour les bateaux à turbines, mais ceux-ci ne font pas le service de nuit. On filera peut-être un nœud de moins que les bateaux à roues affectés à ce service et l'on se rattrapera sur les battements entre l'arrivée du bateau et le départ du train, en sorte que la durée du trajet Londres-Paris pourra être raccourcie en service de nuit.

On n'a absolument pas l'intention de remplacer les bateaux à turbines dans l'exécution des services de jour.

On n'a pas prévu de turbines parce qu'on ne compte pas voiturer les marchandises à 17 nœuds et que la machine aura deux allures, une à grande vitesse pour le transport des voyageurs et une à vitesse réduite pour le transport des marchandises. Les turbines actuelles seraient peu économiques dans ces conditions. Les Chantiers de l'Atlantique ont prévu des machines Lenz, à distribution par soupapes, alimentées par des chaudières cylindriques à tirage Howden. Vu la largeur du navire, on est obligé de s'arranger pour qu'il ne soit pas trop stable, et l'on place sur le pont supérieur les soutes à charbon, ce qui permet de le faire arriver sur les grilles par simple gravité. Il est probable qu'il n'y aura pas beaucoup de chauffeurs ni de soutiers.

Des Ingénieurs très partisans des turbines ont estimé qu'elles ne présenteraient pas d'avantages dans l'espèce.

On pourra embarquer 36 wagons de marchandises, faire trois navettes en douze heures, ce qui donne, en 300 jours, une capacité de transport de 60 000 véhicules. Or, le trafic actuel des cargos des chemins de fer est évalué à 80 000 t. Un seul ferry pourra donc largement remplacer les neuf cargos, avec économie.

On ferait trois navires semblables, pour en avoir un sur la ligne, un en réserve, un en démontage et réparations.

Les wagons seront complètement abrités; le fardage aurait pu être sensiblement réduit en les laissant partiellement découverts, comme à Gjedser, mais on se serait privé d'un grand spardeck pour la promenade, le transport des autos, etc.

La voie médiane du ferry sera accessible par l'avant ou par l'arrière, les voies latérales ne le seront que par l'arrière. On a été conduit à cette disposition pour ne pas adopter des courbes trop raides, ou une porte avant trop grande. Le seuil de cette porte sera à 4 m au-dessus de l'eau, à peu près la hauteur du pont supérieur des bateaux à roues. La mer l'atteindra donc rarement. La porte sera reproduite des bateaux de la Baltique, au point de vue de la manœuvre et de l'étanchéité.

Le bateau accostera donc normalement l'arrière premier: les paquebots du détroit font cette manœuvre constamment. Il aura comme eux un gouvernail à l'avant dans ce but. S'il ne peut éviter au large, il aura la faculté de le faire dans le port. Enfin, dans un cas extrême la voie médiane, tout au moins, pourra être dégarnie par la porte avant.

Comment se comportera le navire dans le Pas-de-Calais? Les

notabilités maritimes qui ont été consultées s'accordent à dire qu'il naviguera aussi bien et même mieux que les paquebots du Nord, qui n'ont jamais manqué une traversée depuis plusieurs années. Les irrégularités que le service a pu présenter sont dues, non à ce qu'on ne pouvait tenir la mer dans le détroit, mais à ce que les ports, dans certaines conditions au cours des travaux, n'étaient pas facilement praticables.

On ne rencontre pas dans le Pas-de-Calais les grandes lames des océans, ou la mer très creuse de la Méditerranée par exemple. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder les bateaux du service, ils n'ont que 4 m de franc bord, et cependant leurs immenses claires-voies sont dépourvues de panneaux de mer. M. Renaud, Ingénieur en chef hydrographe de la marine, qui a fait une étude spéciale du détroit, fait remarquer que les petits bateaux du service de Folkestone passent par tous les temps sur le banc du Varne sur lequel il y aurait des brisants effroyables si la mer pouvait venir du grand large. La distance de crête en crête des lames est de 30 m en moyenne; leur périodicité ne peut coïncider avec les roulis d'un grand navire, il n'y a donc donc pas d'effets de synchronisme à redouter.

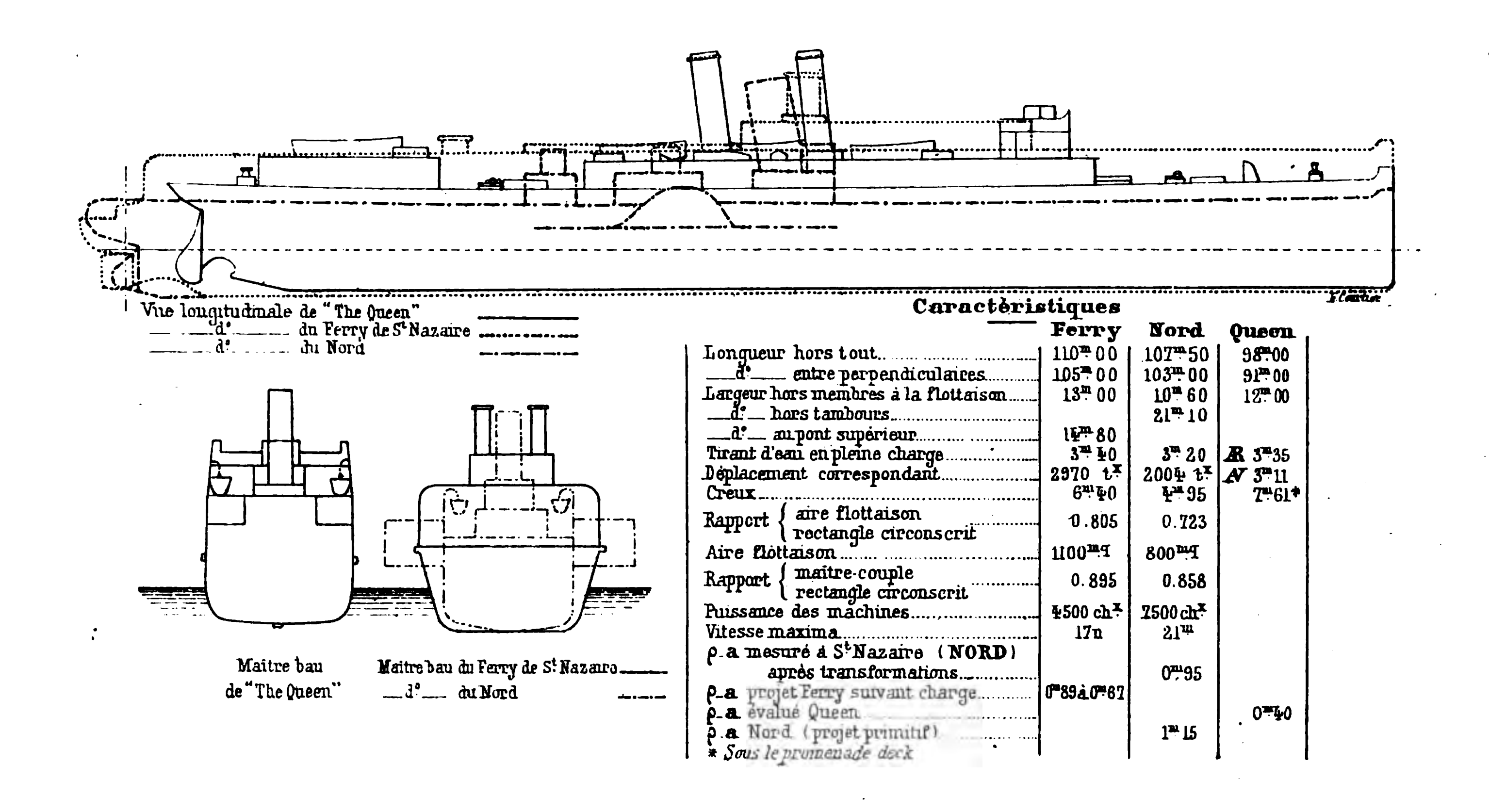
Les wagons sont d'ailleurs amarrés et calés le cas échéant. Le tableau donne la comparaison du ferry étudié par les Chantiers de l'Atlantique avec les navires actuels du service.

Les monstres rêvés vers 1870 et jugés alors impossibles ou trop onéreux n'ont rien de commun avec les bateaux du présent projet.

En augmentant de 800 t le déplacement des bateaux du Nord, nous avons obtenu un engin qui peut embarquer un nombre déjà respectable de véhicules, dont le fardage est un peu plus grand, ce qui le soumet davantage à l'action du vent de travers aux entrées de port; seulement il doit être beaucoup plus manœuvrant à cause de ses deux hélices et de ses machines alternatives, qui lui permettent de marcher en arrière mieux que les bateaux à turbines, dont la marche arrière a été insuffisamment dotée.

Comment va-t-on mettre les wagons à bord, et comment les retirer?

Tous les ferries européens fonctionnent dans des mers où l'amplitude de marée est très faible et où l'enfoncement du bateau sous la charge est d'un ordre presque comparable.



Caractéristiques

	Ferry	Nord	Queen
Longueur hors tout	110^{m}00	107^{m}50	98^{m}00
d° entre perpendiculaires	105^{m}00	103^{m}00	91^{m}00
Largeur hors membres à la flottaison	13^{m}00	10^{m}60	12^{m}00
d° hors tambours		21^{m}10	
d° au pont supérieur	14^{m}80		
Tirant d'eau en pleine charge	3^{m}40	3^{m}20	AR 3^{m}35
Déplacement correspondant	2970 t^{x}	2004 t^{x}	AV 3^{m}11
Creux	6^{m}40	4^{m}95	7^{m}61*
Rapport { aire flottaison / rectangle circonscrit	0.805	0.723	
Aire flottaison	1100^{mq}	800^{mq}	
Rapport { maître-couple / rectangle circonscrit	0.895	0.858	
Puissance des machines	4500 ch^{x}	7500 ch^{x}	
Vitesse maxima	17n	21^{n}	
ρ-a mesuré à St Nazaire (NORD) après transformations		0^{m}95	
ρ-a projet Ferry suivant charge	0^{m}89 à 0^{m}67		
ρ-a évalué Queen			0^{m}40
ρ-a Nord (projet primitif)		1^{m}15	

* *Sous le promenade deck*

Une passerelle de raccordement, dont la longueur ne dépasse pas 30 m, suffit à racheter les différences de niveau.

Il en est tout autrement à Calais. Les voies ferrées sur le terre-plein cotent 8,50 m sur le zéro des cartes. Les voies sur le pont du bateau sont à 3,30 m au-dessus de la flottaison en charge. Le niveau de l'eau varie avec la marée. Ces marées se reproduisent dans le même ordre au bout d'une période de dix-huit ans environ, pendant laquelle 2 0/0 seulement des basses mers cotent 0,60 m, et au-dessous. Ce sont des basses mers d'équinoxe vers 6 heures du matin ou du soir. Lorsque la mer cote 0,60, le rail du ferry cote 3,90 et la différence de niveau à racheter est de 8,50 — 3,90 = 4,60.

Les plus hautes mers connues cotent 8,22. Le rail du ferry est alors à la cote 11,52 et la différence de niveau est de 3,02 m.

On voit que, si l'amplitude de la marée est bien de 7 m, elle se divise en angles positifs et angles négatifs si l'on considère une passerelle reliant le quai au ferry. La déclivité maxima correspondra à 4,60 m de différence de niveau.

Sir John Fowler proposait un ascenseur à wagons ayant de 7 à 8 m de course verticale, pour rattraper ces différences de niveau. Il supposait que cet ascenseur aurait une capacité égale à la moitié de celle du ferry-boat.

Donc, à l'arrivée d'un bateau, une course montante dégarnissait la moitié antérieure, mais on ne pouvait utiliser la course descendante pour embarquer des wagons puisqu'ils auraient enfermé les wagons restant à débarquer. La troisième course achevait le débarquement, la quatrième était un retour à vide de l'ascenseur, l'embarquement commençant à la cinquième pour se terminer à la septième.

A chaque fois, il aurait fallu manœuvrer un tablier mobile de raccordement entre l'ascenseur et le bateau, et nous verrons, un peu plus tard, que les conditions posées par le chemin de fer du Nord obligent à donner à ce tablier mobile une trentaine de mètres de longueur. Il est inutile d'insister sur la lenteur de pareilles opérations.

Aussi, dans le premier projet étudié en 1903 par la Compagnie de Fives-Lille, pour le raccordement avec un ferry-boat à deux voies, on avait prévu un ascenseur offrant une longueur de voie égale à celle du navire. On peut remarquer tout de suite que, si l'on est conduit à faire un bateau plus long, l'ascenseur, qui ne peut s'allonger à volonté, ne va plus permettre de le charger en

une seule opération. Le tablier mobile est toujours nécessaire car le bateau peut rouler sous l'influence de la houle, il peut se mettre à la bande, il déjauge pendant le débarquement. On ne se doutait pas alors de l'importance que pouvait présenter la longueur à attribuer au tablier.

L'ensemble de l'ascenseur et du tablier mobile était supposé équilibré par des contrepoids, mais, pour un ferry-boat à dégarnir en une seule opération, il aurait fallu monter au bas mot 500 t, et l'on ne peut donner de grandes vitesses linéaires à un aussi formidable engin de levage. Dans le projet de 1903, l'ascenseur marchait à raison de 0,70 m par minute. Le stationnement obligatoire du bateau aurait été de quarante minutes alors qu'au Danemark on expédie un train cinq minutes avant l'arrivée du bateau.

L'inconvénient de la lenteur se double lorsqu'on envisage un ferry-boat à trois voies. Il est impossible, en effet, de conduire jusqu'à l'arrière, avec les entrevoies réglementaires, les trois voies, sans donner au navire des formes incompatibles avec la bonne navigabilité. Il faut nécessairement que l'arrière s'effile, que les voies latérales convergent vers l'axe longitudinal. Il faudra donc que l'ascenseur fasse deux courses, une pour les voies latérales, l'autre pour la voie médiane, car on ne peut faire passer simultanément les trois rames par l'arrière du bateau.

Une autre objection grave est qu'on ne peut montrer nulle part en service un engin analogue; ce serait cependant la seule façon de répondre à la crainte que l'on peut formuler de voir noyer par la marée un chargement précieux, si l'ascenseur reste en panne, par exemple faute de courant électrique. Il faut se rappeler qu'à Calais la mer monte de 2 m à l'heure à certains moments.

Il existe bien des ascenseurs à wagons, mais infiniment plus réduits. Les quelques ferries de rivière autrefois desservis de cette façon, se chargeaient ainsi wagon par wagon.

Dupuy de Lôme n'avait pas adopté l'ascenseur de Fowler. Il avait préféré prévoir, dans son fameux port, trois postes d'accostage à des niveaux différents, chacun d'eux étant pourvu d'une passerelle comme celles qu'on devait installer au Danemark quelques années plus tard.

Dans un port déjà existant où la place est très strictement mesurée, il serait impossible d'adopter cette solution avec le développement de voies ferrées qu'elle comporte.

Mais on peut remplacer les trois rampes de Dupuy de Lôme par une rampe unique à inclinaison réglable, et calée pour le passage des trains, terminée par la petite passerelle classique.

Notre collègue, M. Ravier, ancien Ingénieur de la marine, avait eu cette idée pour le service des ferries entre la France et l'Angleterre, et découvrit postérieurement qu'une passerelle à inclinaison réglable de 300 pieds de longueur existait à la Nouvelle-Orléans, pour le service du ferry traversant le Mississipi, dont les variations de niveau atteignent 21 pieds, soit l'amplitude de la marée à Calais. Cette passerelle a deux voies, posées sur des pièces transversales qui font corps avec les écrous de grandes vis verticales qu'il suffit de faire tourner pour la manœuvrer. Les courses des écrous ou les pas de vis sont croissants à mesure qu'on s'éloigne de l'articulation, de façon que les points de suspension restent alignés.

Un moteur placé sur un portique du côté du fleuve attaque par une transmission rigide à pignons d'angles deux paires d'arbres qui commandent toutes les vis par la tête. Il est clair que ce système a l'inconvénient de ne présenter aucun équilibrage et de ne pas tolérer les tassements et les déformations. La manœuvre en est très lente; cela ne présente pas d'inconvénients. parce que les variations de niveau du fleuve se produisent bien moins rapidement que le jeu de la marée.

Tel quel, le système fonctionne régulièrement et l'on a là un excellent précédent pour notre problème.

La longueur à donner à la passerelle dépend de la déclivité qu'on ne veut pas dépasser et de la place dont on dispose dans le port.

Dans le projet de 1908 de la Compagnie de Fives-Lille, la grande passerelle a 90 m de longueur et la petite, qui la prolonge, 30 m. L'ensemble fait donc 120 m et les différences de niveau exceptionnelles de 4,60 m correspondent à une déclivité de 38 mm par mètre. Aux heures du service postal de nuit, en relevant les hauteurs de marée en 1906, on a pu constater que la déclivité n'aurait jamais pu dépasser 32 mm. On pourrait réduire ces déclivités maxima en relevant le niveau des rails du ferry-boat dans la mesure où le permet la stabilité, mais on augmenterait par trop le fardage. Il ne faut pas exagérer non plus l'encombrement de la passerelle, il faut pouvoir loger le faisceau de voies qui lui donne accès.

La manœuvre de débarquement sur les ferries danois se fait

avec une locomotive; les pentes sont parfois raides, mais de peu d'étendue. Sur une pente de 120 m à raison de 30 à 32 mm, l'effort au crochet de traction serait supérieur à 5 500 kg pour enlever une rame de cinq voitures à bogies. S'il s'agissait de lourds wagons à marchandises, la limite de résistance des attelages pourrait même être atteinte.

Il sera donc bon de prévoir les moyens de faire les manœuvres en retenant les rames, les attelages travaillant à la compression. Les manœuvres par câbles ont la sanction de l'expérience sur les plans inclinés de mines; il en a été fait un grand usage à l'origine des chemins de fer, et c'est ainsi qu'on avait d'abord prévu les choses. Mais il ne serait pas facile de faire tirer les câbles par la queue de la rame, et il serait bien difficile de ménager les moyens de sécurité qui empêcheraient un wagon de s'emballer sur la pente en cas de fausse manœuvre.

Il est donc préférable de prévoir des locomoteurs qui précéderont les rames à la descente. Seulement, ils se trouveront bloqués à bord du bateau, ce qui oblige à réduire leur poids et la longueur qu'ils occupent à un minimum. De l'autre côté, ils pourront pousser les rames à débarquer. Ils vont devenir en quelque sorte des accessoires du bateau.

Ces locomoteurs ayant un poids relativement faible, il va falloir augmenter artificiellement leur adhérence pour qu'ils puissent faire leur service.

Nous avions d'abord envisagé la crémaillère, qui permet de gravir avec sécurité des pentes dix fois supérieures. Mais il se présente une difficulté spéciale parce que le profil en long est brisé à l'endroit où la petite passerelle repose sur le pont du navire, et à l'articulation de la petite passerelle sur la grande.

Il faut donc interrompre la crémaillère à chacun de ces points et la faire reprendre par une pièce d'entrée en crémaillère qui est délicate, sujette à avaries et peut rater dans les conditions spéciales où l'on se trouverait.

M. Hanscotte, de la Compagnie de Fives-Lille, a repris le système Fell à rail central, en en supprimant les inconvénients. L'attaque des galets roulant sur le rail central se faisait par des cylindres à vapeur, et la réaction des bielles conduisait à marteler le rail central.

Les galets en question sont maintenant mis en rotation par une commande partant d'un essieu; ces réactions ont disparu. La pression des galets sur le rail central était inintelligente. Elle est

dosée maintenant par un régulateur à pendule combiné avec un cylindre à air approvisionné par la pompe du frein. L'adhérence supplémentaire est donc graduée suivant la pente. Le rail central ne présente plus de denture, l'entrée se fait sans choc, les positions relatives ne sont plus mathématiques, des jeux importants ne gênent pas le fonctionnement.

Ce système a fait ces preuves au chemin de fer du Puy-de-Dôme. Une locomotive à vapeur pesant 30 t arrive à 90 t d'adhérence.

Les locomoteurs de la passerelle seront à vapeur; ils pourront faire le service de coucous où service de gares.

Les sécurités relatives à la pente, prévues pour donner satisfaction aux Compagnies de chemins de fer, sont les suivantes :

1° L'aiguille donnant accès à la passerelle ne peut être faite que si le bateau est au bout de ladite passerelle, enclenchement facile à réaliser par serrure Bouré;

2° Si la pente de la grande passerelle dépasse une valeur déterminée, l'accès de la passerelle n'est rendu possible, en descendant, que si le locomoteur se présente en tête de la rame:

3° Le locomoteur est bloqué sur la passerelle par ses freins, s'il se produit une avarie.

La première condition empêche de lancer des wagons dans le port; les deux autres de les laisser s'échapper sur la pente.

Les lenteurs de manœuvre de l'ascenseur ne se présentent pas dans ce dispositif. En effet, les choses se passeront comme au Danemark, à cela près qu'avant l'arrivée du bateau on mettra la grande passerelle à l'inclinaison convenable pour le niveau considéré de la mer, et que les rames seront refoulées jusque sur le terre-plein par des locomoteurs ayant fait la traversée, au lieu qu'on soit obligé d'attendre la locomotive de gare.

Comment manœuvrer la grande passerelle?

M. Ravier a eu l'idée de l'équilibrer par des contrepoids en les logeant dans des puits étanches pour que le principe d'Archimède ne dérangeât pas l'équilibrage.

M. Bassères, l'éminent Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille, a préféré relever les pylônes de suspension, pour mettre les attaches des contrepoids en vue. On laisse à la passerelle une prépondérance de quelques tonnes, ce qui permet de la descendre ou de la manœuvrer avec un faible moteur électrique. Il faut ensuite la caler pour qu'elle se comporte au passage

des charges comme un pont à travées solidaires, qui ont été choisies de 18 m.

Les calages de M. Ravier s'appuyaient sur les murs entre lesquels la passerelle est censée se déplacer.

M. Bassères préfère caler sur les suspensions en tête des pylônes. Ces suspensions sont de fortes chaînes Galle attachées par paires à un bout à une poutre de rive de la passerelle, à l'autre au contrepoids, après avoir passé sur un tambour en acier moulé porté par le pylône. Les chaînes sont du type des plus forts engins de levage, ponts roulants de 100 t et au-dessus. Un tendeur à vis permet d'en régler l'attache sur la passerelle. Les jantes des tambours des pylônes sont dentées pour recevoir de larges cliquets qui tombent lorsque le courant est coupé.

Lorsque la passerelle est en manœuvre, les cliquets sont écartés par des suceurs électro-magnétiques. On règle les calages par la position de l'attache des chaînes. Le développement des tambours permet de donner une série d'inclinaisons à la passerelle, correspondant à l'espacement des dents. La passerelle, les pylônes, les chaînes, les calages ont été calculés en prévoyant des marges de sécurités inusitées. La manœuvre se faisant à vide, s'il arrivait un accident, par exemple la rupture d'une suspension, il ne saurait avoir de conséquences graves, on serait prévenu par la chute du contrepoids qui ferait dévirer le tambour. On pourrait même utiliser la passerelle. Il suffirait ce jour-là de couper les rames par prudence, en attendant la réparation. Si le treuil manquait et que les calages ne fonctionnent pas, la passerelle descendrait sous l'action d'une prépondérance de 4 à 5 t jusqu'à reposer au fond de la fosse qui la loge, un peu au-dessous de la position correspondant aux plus basses mers. On pourrait la relever avec un palan de la force en question.

Cet engin présente donc infiniment plus de sécurité que l'ascenseur.

Voyons maintenant la petite passerelle ou passerelle auxiliaire.

La seule différence essentielle avec celle de Gjedser est qu'elle est articulée sur la grande passerelle au lieu de l'être sur le terre-plein. Elle est suspendue à quelque distance de son extrémité libre à un portique, avec équilibrage partiel; on peut aussi la laisser descendre sur le bateau ou la relever au treuil électrique (à Gjedser cela se fait à la main). Le portique n'a pas à soutenir la charge roulante, puisque la petite passerelle repose

d'un bout sur le bateau et est accrochée à l'autre à la grande passerelle.

Un ferry se présente. Il faut qu'il vienne sans tâtonnements se placer dans le prolongement de l'appareil de transbordement.

Au Danemark, ce résultat est obtenu en le dirigeant entre deux estacades en forme de V au fond desquelles il vient se coincer.

En Hollande et en Amérique, le bateau accoste un quai qu'il longe et son extrémité vient s'engager dans une estacade infiniment moins développée.

A Calais, pour ménager le raccordement avec les voies du chemin de fer, il faudra que le bateau accoste obliquement au quai de la gare maritime. Il faudra donc faire des estacades directrices. Ces estacades se composent d'un pan de charpente, qui peut fléchir sous la pression du bateau en s'appuyant sur une estacade fixe ou sur un mur. Entre les deux se trouve une série de tampons de wagons qui renvoient doucement le bateau dans l'axe du poste d'accostage.

Le bateau rendu à fond de course rencontre un heurtoir qui l'empêche de forcer sur la passerelle. Dans cette position, on laissera descendre la petite passerelle, qui aura suivi le mouvement de la grande automatiquement pendant qu'on manœuvrait cette dernière, mais a retrouvé sa liberté d'allure dès que la grande passerelle est calée. Le repérage assurant la continuité du rail s'obtient, au Danemark, en engageant, dans un logement ménagé sur le bateau, un boulon suspendu sous la petite passerelle à la cardan. On l'engage à la pince, et les deux axes ont alors un point commun. On peut compléter la liaison à l'aide de grandes manilles qui viennent se rabattre sur des bittes du navire, de chaque côté de la passerelle.

L'étude de Fives-Lille prévoit des moyens un peu différents. Il y a rail et contre-rail, disposés de façon à donner une sorte d'ornière, pour faciliter le passage des roues du bateau à la passerelle. A mesure que le train débarque, le bateau se relève, la marée peut monter aussi, de sorte que le bout de la passerelle suit le mouvement et que son articulation peut se trouver en contre-bas. Cette brisure du profil en long va faire travailler les attelages de deux wagons se trouvant l'un sur la pente et l'autre sur la contre-pente; il faut que la petite passerelle soit assez longue pour que la brisure ne soit pas trop accentuée, que les tampons ne risquent pas de s'enchevêtrer, ce qui provoquerait un déraillement. La longueur de 30 m répond et au delà à cette

nécessité, en supposant la grande passerelle à son inclinaison maxima et la petite dénivelée de 2 m.

Pendant le déchargement ou le chargement, le bateau ne va probablement pas rester en équilibre, il s'inclinera du bord qui est provisoirement le plus chargé. La petite passerelle, dont l'articulation est horizontale, va donc avoir son extrémité oblique, suivant la bande du bateau, son tablier prend une figure de paraboloïde hyperbolique; il faut que la déformation soit possile, et comme on l'a prévu, en articulant les entretoises qui relient les poutres longitudinales de la petite passerelle, elle s'opère sans dommage. On peut constater le phénomène sur toutes les passerelles danoises qui desservent des bateaux à deux voies. Les wagons danois, allemands, suédois, etc., passent parfaitement bien sur cet engin, même lorsque les ferries de Gjedser prennent leur bande maxima, qui est prévue de 6 degrés et demi.

Il y a cependant là une cause spéciale de fatigue pour les véhicules, ou, plus exactement, leurs suspensions. En effet, les deux rails de la voie sur la petite passerelle ne sont plus dans le même plan lorsque le bateau s'est mis à la bande. Il y a du dévers, comme dans les courbes. Le châssis de wagons étant indéformable, il faudra que les suspensions travaillent entre la voie et le châssis, et, pour les véhicules à grand écartement d'essieux, ce travail est jugé exagéré lorsque la pente relative des deux rails dépasse une certaine valeur. Le moyen de réduire cette pente relative consiste à répartir la différence de niveau résultant de la bande sur une plus grande longueur, à raccorder le dévers.

En adoptant la limite de pente relative des deux rails qui est respectée dans la pose des voies du Nord, destinées à être franchie en vitesse, ce qui n'est pas le cas de notre installation (en admettant que le bon fonctionnement des installations danoises ne nous autorise pas à en reproduire purement et simplement les caractéristiques) nous serions conduits à des longueurs de petite passerelle vraiment considérables, si nous ne limitions la bande du navire. Or cela ne peut se faire par l'augmentation de la stabilité initiale, parce que les Chantiers de l'Atlantique ont cherché à ne pas dépasser le (ρ-a) usuel des paquebots, de façon à éviter les brusques rappels de roulis.

Il faut donc réduire les couples de mise à la bande, et ce résultat s'obtient en manœuvrant simultanément sur les deux voies latérales du ferry-boat. Au lieu d'avoir, à un moment donné,

150 t sur une voie et rien sur l'autre, on aura la différence de poids des deux rames.

A cette condition seulement, on peut satisfaire aux exigences mentionnées plus haut sans dépasser pour la petite passerelle la longueur adoptée à Gjedser, qui est de 30,90 m.

Comme nous l'avons annoncé tout à l'heure, ceci est tout à fait indépendant du système de la grande passerelle, et même si l'on adoptait un ascenseur, il faudrait en passer par là pour la petite passerelle destinée à le raccorder avec le navire.

Il est donc reconnu nécessaire de donner à la passerelle une largeur suffisante pour garder une entrevoie réglementaire entre les deux voies latérales et permettre la circulation simultanée.

Sur les passerelles danoises, au contraire, les deux voies sont enclavées l'une dans l'autre et ne peuvent être empruntées que l'une après l'autre. Il s'ensuit pour Calais une augmentation très sensible du prix de revient et de l'encombrement de l'installation prévue. D'une part, le dégarnissage simultané de deux voies ramène la durée totale de l'opération à ce qu'elle est au Danemark, bien qu'il ait été projeté trois voies au lieu de deux.

Voici maintenant l'appareil de transbordement défini. Comment va-t-on le loger dans les ports et au prix de quels travaux?

A Calais, la solution est toute indiquée. Le ferry accostera au fond de l'avant-port, laissant les quais de la gare maritime disponibles pour le service des bateaux à turbines; l'appareil de transbordement se logera dans un terre-plein inutilisé entre la machinerie des écluses et les voies du chemin de fer. On creusera dans ce terre-plein, à l'abri du mur de quai formant batardeau, une fouille à radier incliné vers la mer, comprise entre deux murs ou bajoyers, qui seront fondés à l'air libre. Une fois la fosse terminée, il restera à démolir le mur de quai au droit de son entrée. Cela pourrait se faire à la marée, mais il sera préférable d'opérer dans un suçon, ou caisson en bois à l'air libre, comme celui qui est utilisé à Calais pour réparer le parement des murs de quai. Ce mur sera arasé jusqu'au seuil de la fosse, qui est à une cote relativement élevée, puisque le rail ne descend même pas à la cote + 4 m, aux plus basses mers, à son aplomb ; il faut en retrancher la hauteur de la poutre et un certain jeu pour avoir la cote du radier.

A Douvres, le consortium qui administre le port de commerce a décidé l'élargissement de la jetée de l'Amirauté et la création d'un terre-plein qui recevra une gare maritime. Le bill nécessaire a été obtenu, mais les travaux ne sont pas commencés et il faut adapter la réception des ferry-boats au programme antérieur.

C'est à Folkestone que se fait la majeure partie du trafic des cargos des Compagnies de chemins de fer, et les bateaux de fruits viennent de Calais à Folkestone. Nous avons noté déjà que ce port est plus rapproché de Calais que de Boulogne.

Si l'on jugeaït utile de recevoir les ferry-boats à Folkestone, on éviterait les travaux qui pourront être reconnus nécessaires pour le libre passage des wagons continentaux sous les tunnels de Shakespeare Cliff, Abbots Cliff et le Warren.

La passerelle pourrait être placée le long de la jetée à partir de la limite des fonds de 3 m, c'est-à-dire sur une longueur dont les navires sont exclus par leur tirant d'eau, et par suite sans diminuer la capacité du port.

Les voies franchiraient le petit avant-port sur une estacade à pont tournant analogue à l'estacade actuelle, qui est plus dans l'ouest et qui pourrait être supprimée.

Il arrive une ou deux fois par an, à certaines heures de marée, que la lame bat en plein la jetée de Folkestone, et le service des bateaux à turbines actuels doit être interrompu. Naturellement, les ferries ne seront pas mieux partagés. Ce jour-là, la traversée postale de nuit sera faite sur Douvres.

On n'aura pas cet inconvénient à Douvres, où les estacades en V des ferry-boats déchireront la houle qui continue à pénétrer dans le fond du port et appuieront ces bateaux contre le roulis. Cette houle se réfléchit sur la jetée Est et revient le long de la plage en passant par la coupure qu'on a ménagée sous la jetée du Prince-de-Galles pour éviter l'ensablement du port,

A Calais, avec 2 m de houle en tête des jetées et grand frais de N.-O. enfilant le chenal, grâce aux criques d'épanouissement, on n'a dans le fond du port, à pleine mer, qu'un clapotis très gênant pour les embarcations, mais qui ne fait même pas bouger les bateaux à roues de 900 t, type Lord Warden.

En résumé, nous pensons que les différentes questions techniques se rattachant à l'établissement d'un service de ferry-

boats sur le détroit du Pas-de-Calais ont été suffisamment mûries pour qu'on puisse conclure que la chose est parfaitement faisable. De grands établissements industriels garantissent l'efficacité des bateaux et engins proposés.

On ne réalisera ainsi, il est vrai, qu'une amélioration provisoire dans les communications entre la France et l'Angleterre, encore que très importante, et touchant directement aux intérêts de notre agriculture.

Je souhaite vivement de voir intervenir ensuite une solution définitive, mais elle peut se faire attendre longtemps encore.

CHRONIQUE

N° 342.

SOMMAIRE. — Les nouveaux paquebots Cunard. — Le tirage dans les chaudières de locomotives. — Machines d'extraction électrique et machines d'extraction à vapeur *(suite et fin)*. — Canalisation à haute pression pour service d'incendie à New-York. — Transmission des dessins à distance.

Les nouveaux paquebots Cunard. — Depuis la mise en service, dans les derniers mois de 1907, des nouveaux paquebots Cunard *Lusitania* et *Mauretania*, après les essais sensationnels qu'on connait, on n'avait guère reparlé de ces navires, et la presse anglaise était à peu près muette à leur égard, laissant entendre qu'il fallait leur faire crédit et que la saison d'hiver serait consacrée à familiariser leurs équipages avec la manœuvre de ces colosses. Le fait est que la mise au point a été très longue, elle parait être maintenant à peu près achevée.

Nous croyons intéressant de donner quelques renseignements sur la question extraits de l'*Engineering Review*, parmi lesquels l'extrait du journal de la machine du *Lusitania*, pour le troisième voyage vers l'ouest.

Un point qui doit spécialement attirer l'attention dans le fonctionnement des puissants paquebots dont nous nous occupons, est le graissage, pour lequel il a dû être employé des dispositifs particuliers. Le graissage est forcé. Voici le poids des principales parties tournantes : turbines à haute pression, 86 t; turbines à basse pression, 120 t; turbines de marche en arrière, 62 t; nous parlons ici des parties tournantes. Un grand réservoir est placé au milieu du navire, dans une position telle que la totalité de l'huile servant à graisser les parties en mouvement puisse y retourner par la gravité, alors que cette huile est puisée dans ce réservoir par des pompes, après filtration et refoulée dans des réservoirs placés à 8 m au-dessus des parties à lubrifier.

Les réservoirs dont nous parlons ont une capacité suffisante pour alimenter les coussinets pendant dix minutes après un arrêt total des pompes de graissage. Des manomètres indiquent la pression dans les tuyaux que parcourt l'huile; ces manomètres sont placés sur les parquets de manœuvre sous l'œil des mécaniciens.

En outre, des thermomètres permettent de mesurer la température de l'huile dans les pièces frottantes les plus importantes, telles que les paliers des arbres d'hélice et les buttées. Enfin, les réservoirs à huile contiennent des serpentins dans lesquels circule de l'eau de mer pour maintenir l'huile à une température qui ne dépasse pas de plus de 15 degrés centigrades la température des chambres de machines.

Dans beaucoup de grands navires de commerce, par précaution contre

des accidents possibles, on a pour habitude de faire échapper directement la vapeur des machines motrices des appareils électriques dans les condenseurs principaux ou auxiliaires; on assure ainsi la marche régulière des machines électriques et on évite des retours d'eau dans les cylindres. Mais dans le cas des paquebots Cunard, les installations électriques sont établies sur une si grande échelle et la température des bâches des condenseurs est si basse à cause du vide très élevé qu'on est obligé de maintenir pour les turbines, qu'on a jugé utile d'employer l'échappement des machines électriques au chauffage de l'eau d'alimentation, et on a pu y arriver, avec le minimum de risques, par l'emploi d'un double système de bâches et de réchauffeurs d'alimentation.

Le tableau ci-joint donne les résultats du troisième voyage du *Lusitania*, en novembre 1907. On peut estimer les consommations de combustible par cheval sur l'arbre et par heure de la manière suivante :

Turbines principales.	385 730 kg	5,93 kg
Machines auxiliaires.	51 642	0,79
Réchauffeurs et réparateurs. .	14 720	0,23
TOTAUX. .	452 092	6,95

Ces chiffres supposent une puissance totale de 65 000 ch.

On a trouvé une vaporisation de 10,2 d'eau pour 1 de combustible avec l'eau d'alimentation à 91 degrés centigrades, ce qui correspond à une vaporisation de 10,9 avec l'eau à 100 degrés. La combustion s'est faite en moyenne sur les grilles à raison de 107 kg par mètre carré et par heure.

Au déplacement moyen de 36 000 tx on trouve que pour transporter à 24,5 nœuds un tonneau de déplacement, on dépense 4,983 kg de combustible.

On n'avait point eu de renseignements depuis sur les durées des traversées et, bien que les journaux anglais déclarassent à l'envi qu'il ne pouvait y avoir, après les essais si brillants des deux navires, aucun doute quant à l'accomplissement, dans un avenir très rapproché, des conditions du contrat avec le Gouvernement, condition dont la première était une vitesse moyenne minimum de traversée de 24 à 25 nœuds par temps modéré, sous peine de très fortes pénalités, on attendait les résultats avec quelque impatience.

Enfin, le *Lusitania* a fait son dernier voyage à une vitesse moyenne de 24,83 nœuds. La traversée s'est accomplie à raison de 19 milles le premier jour, 622 — 625 — 632 et 628 les jours suivants, jusque-là la vitesse moyenne était de 25 1/4 nœuds; malheureusement la fin du voyage a eu lieu par le brouillard, ce qui a forcé à ralentir et a abaissé la moyenne à 24,83 milles par heure. Il semble qu'on puisse compter, dans des conditions favorables, sur une vitesse moyenne de 25 nœuds, ce qui représente pour un parcours total de 2 889 milles à ce taux 4 jours, 19 heures et 26 minutes, avec possibilité de gagner une heure ou deux par un accroissement d'un quart ou un demi-nœud au-dessus de 25. C'est un très beau résultat et dont il faudra se contenter encore quelque temps, jusqu'à ce que vienne le fameux *paquebot de quatre*

Queenstown à Sandy Hook : 4 jours, 18 heures, 40 minutes.

Tirant d'eau moyen au départ de Queenstown : 10,25 m; à l'arrivée à New-York : 9,40 m.

DATES 1907	PRESSION EFFECTIVE			TEMPÉRATURE		VIDE au CONDENSEUR	PARCOURS OBSERVÉ	VITESSE MOYENNE	NOMBRE DE TOURS moyen	CHARBON DÉPENSÉ par les machines principales et auxiliaires
	CHAUDIÈRES	TURBINES H. P.	TURBINES B. P.	BACHES des condenseurs	EAU d'alimentation					
	kg	kg	kg	degrés	degrés	m	milles	nœuds		tonnes
Novembre 3	12,1	9,9	0,163	20,0	93,2	0,711	21	24,24	182,5	40
— 4	12,0	10,1	0,156	25,5	91,6	0,711	606	24,28	182,6	1 090
— 5	11,8	10,0	0,163	25,5	92,1	0,716	616	24,60	182,8	1 090
— 6	11,9	9,9	0,177	21,1	91,0	0,716	618	24,80	183,5	1 090
— 7 (1). . . .	11,9	9,8	0,156	22,2	90,5	0,711	610	24,52	181,4	1 090
— 8	11,5	9,4	0,106	23,9	93,2	0,706	310	22,09	174,0	578
							total			total
MOYENNES.	11,9	9,85	0,153	23,1	91,7	0,712	2 781	24,25	181,1	4 976

(1) Très fort coup de vent de sud-ouest.

Charbon brûlé : de Liverpool à Queenstown : 408 t; de Queenstown à New-York, 4 976 t.
Pour la cuisine, etc., 10 t. Total brûlé de Liverpool à New-York : 5 402 t.

jours qui devra réaliser une vitesse moyenne de 30 nœuds, ce qui soulève une foule de questions très délicates.

Nous pouvons ajouter que les résultats donnés par le *Lusitania* et que nous venons de citer, ont été confirmés peu de jours après par ceux du *Mauretania*, qui a fait une traversée en gagnant sept minutes sur le temps du *Lusitania*. Voici les résultats comparés :

	Lusitania.	*Mauretania.*
	—	—
Parcours.	2 889	2 890
Temps.	4 j. 20 h. 22 m.	4 j. 20 h. 15 m.
Vitesse moyenne . .	24,83	24,86
Plus grand parcours pour 24 heures . .	632	635

Les plus grands parcours par vingt-quatre heures correspondent à des vitesses respectives de 26,3 et 26,5 nœuds. Une particularité à signaler est que, si le *Lusitania* a eu sa traversée retardée par une journée de brume, le *Mauretania* s'est trouvé, pour le total du parcours, dans un cas spécial, par suite de l'absence d'une hélice qui l'a contraint à ne se servir que de trois propulseurs seulement.

Ce fait extraordinaire a produit une vive émotion dans les milieux maritimes. S'il est prouvé que la vitesse supérieure montrée par le *Mauretania* dans cette circonstance, n'est pas due à des circonstances indépendantes du navire, et cela semble être le cas, il semble que tout serait remis en question, et il est à se demander si l'on n'aurait pas mieux fait de doter les grands paquebots Cunard de trois hélices au lieu de quatre. Nous aurons probablement à revenir sur cette grosse question.

Le tirage dans les chaudières de locomotives. — On a souvent proposé et on a même essayé de remplacer l'échappement comme moyen de produire le tirage dans les chaudières de locomotives par l'action d'un ventilateur, mais cet emploi n'a jamais été fait en service courant. L'effet continu et régulier du tirage effectué par ce procédé a l'avantage de réduire l'entraînement des particules de charbon et aussi la proportion d'oxyde de carbone contenu dans les gaz de la combustion, inconvénients que favorise la nature intermittente et saccadée du tirage par l'échappement. L'amélioration dont nous parlons se ferait sentir plutôt sur les locomotives à marchandises à marche relativement lente que sur les machines à voyageurs à vitesse plus grande. La combustion, dans ces dernières, avec les installations actuelles, et avec une proportion élevée de combustible brûlé par mètre carré de grille, n'est guère susceptible d'être améliorée d'une manière sensible.

Dans les essais faits à Saint-Louis, on a trouvé que, pour des locomotives à voyageurs brûlant 500 kg de combustible par mètre carré de surface de grille et par heure, la proportion d'oxyde de carbone dans les gaz arrivant à la boite à fumée ne dépassait pas 1/4 0/0 et 1/2 0/0 pour une combustion de 700 kg. Ces chiffres ont été obtenus, il est vrai, dans des expériences, mais on s'en rapproche très sensiblement dans la pratique. Des essais faits plus récemment dans le laboratoire d'Altoona

avec une locomotive *Atlantic* du Pennsylvania R. R. ont fait voir que, pour divers taux de combustion allant jusqu'à 700 kg par heure et par mètre carré de grille en consommant des quantités de 900 à 2 500 kg à l'heure, la proportion d'oxyde de carbone augmentait avec l'activité de la combustion dans le rapport de 0,4 à 2,4 0/0. La perte par entraînement de charbon non brûlé s'élevait de 10 à 28 0/0 et le rendement de la chaudière s'abaissait de 68 à 52 0/0. La production maxima de vapeur obtenue dans ces essais a atteint 90 kg par mètre carré de surface de chauffe et par heure avec un rendement de 51 0/0 environ pour la chaudière. Cette vaporisation est probablement la plus élevée qu'on ait atteinte dans des conditions analogues à celles de ces essais.

La perte par la production d'oxyde de carbone est si faible dans les locomotives fonctionnant dans des conditions favorables, qu'il ne semble guère possible d'obtenir quelque chose de la substitution d'un ventilateur à l'échappement ; au contraire, la nécessité de régler le ventilateur pour lui donner la vitesse la plus convenable conduirait-elle, plutôt à une augmentation de la perte. Le point le plus important est l'ontraînement de charbon non brûlé avec les gaz de la combustion ; il en résulte une perte qu'on peut évaluer à 10 0/0 en moyenne. Mais il semble y avoir plus de chances de réduire cette perte par un réglage de l'échappement que par l'emploi d'un ventilateur. Si celui-ci est établi pour débiter un volume d'air donné à une certaine pression, lorsque la résistance vient à varier, le volume d'air variera également ; il faudra donc employer des moyens de régler la marche du ventilateur suivant les conditions de la combustion ; il y a là une difficulté assez sérieuse. Il y en a d'autres : un ventilateur de dimensions suffisantes pour souffler dans le cendrier clos d'une locomotive moderne exigera un espace qu'on peut estimer à un cube de 1,25 m de côté. Le système de chauffage automatique de Barnum a une tuyère reliée à deux ventilateurs type Sirocco, qui fournissent un fort volume d'air; c'est probablement la forme la plus compacte qui ait été employée jusqu'ici sur une locomotive; c'est encore assez volumineux et il faut ajouter que cette combinaison du souffleur et du chauffage mécanique ne dispense pas du tirage par l'échappement.

C'est une impression générale que l'échappement des locomotives anglaises est plus doux que celui des locomotives américaines et, cependant, dans les premières, on trouve des vides dans la boîte à fumée allant jusqu'à 0,25 à 0,30 m d'eau avec une moyenne de 0,15 à 0,20 m, tandis que, dans les secondes, la moyenne n'est que de 0,125 à 0,15 m.

Il y a diverses raisons qui expliquent cette différence. D'abord, les barreaux de grille sont plus rapprochés en Angleterre, le vide est à peine de 29 0/0 de la surface totale de la grille, alors que, dans la pratique américaine, on arrive à 40 et même 50 0/0 ; or, plus le passage de l'air est réduit, plus le tirage doit être fort. Ensuite, les tubes des locomotives anglaises n'ont souvent que 25,4 mm de diamètre intérieur, au lieu que ceux des locomotives des États-Unis ont 50,8 et 63,5 mm de diamètre intérieur; avec les petits tubes, il y a plus de résistance au passage des gaz, résistance qu'il faut vaincre par une différence de pression plus élevée, d'où un plus grand vide dans la boîte à fumée.

Comme règle, les locomotives américaines ont la porte du foyer fermée et il n'y existe pas de dispositifs pour en régler l'ouverture partielle : au contraire, sur les locomotives anglaises, la porte tournant autour d'une charnière horizontale est manœuvrée par un levier dont la position peut être réglée par un arc denté, ce qui permet de varier l'ouverture par laquelle on admet un supplément d'air frais dans le foyer.

On peut par là modifier le vide dans la boite à fumée et éviter de produire un trop fort tirage. On obtient sur les locomotives françaises le même effet par l'emploi de l'échappement variable qui y est employé d'une manière générale, pour régler l'intensité du tirage et par suite l'arrivée de l'air sous la grille.

Chacune de ces méthodes a été essayée aux États-Unis et le fait qu'elles sont employées d'une manière courante dans des pays où on apporte une extrême attention à l'économie du combustible et à la suppression de la fumée doit nous apprendre que, si nous désirons améliorer les conditions de la combustion dans nos locomotives, il faut y introduire quelque moyen de régler la pression de l'échappement.

Le tirage dans une chaudière de locomotive est aussi influencé par l'ouverture laissant arriver l'air dans le cendrier ; or, si peu d'attention est donnée à la question de cette ouverture qu'on a reconnu dans quelques-unes des locomotives exposées à Saint-Louis des passages absolument insuffisants, tels que moins de 12 0/0 de la surface de grille, ce qui amène une influence très défavorable sur le tirage. Même avec une dépression de 0,150 m d'eau dans la boite à fumée, le vide dans le cendrier est réduit à 0,012 m d'eau, pression insuffisante pour faire entrer l'air sous la grille avec une vitesse suffisante. Dans ces conditions, une légère ouverture de la porte du foyer est très utile pour admettre le supplément d'air nécessaire.

Le principe du tirage par l'échappement de la vapeur qui a agi sur les pistons a été trouvé, par une longue pratique, à la hauteur de tous les besoins du service le plus dur et il est bien douteux qu'on puisse trouver mieux.

La manière dont l'intensité de l'échappement s'adapte pour ainsi dire automatiquement aux conditions de travail de la vapeur dans les cylindres ne paraît pas pouvoir être obtenue par l'emploi d'un ventilateur soufflant sous la grille. L'action de l'échappement, variable suivant la dépense de vapeur, est réellement une combinaison singulièrement heureuse qui constitue une solution très élégante d'un problème délicat de mécanique. Il est peu probable qu'on remplace cette solution si simple par l'emploi d'appareils mécaniques tels que des ventilateurs, mais on peut l'améliorer en réglant la pression de l'échappement par des moyens connus pour prévenir une perte inutile de combustible par entraînement. Nous reproduisons les considérations qui précèdent du *Railway Age*.

Machines d'extraction électriques et machines d'extraction à vapeur *(suite et fin)*. — *Machine d'extraction électrique installée à Ligny-les-Aire.* — La machine est construite pour extraire de 400 m de profondeur 2 200 kg de charge utile avec une vitesse maxima de

9,4 m par seconde. Elle actionne une poulie Koepe de 4 m de diamètre. Au moment de l'essai, elle n'extrayait que de 270 m de profondeur.

La partie électrique, construite d'après un brevet de la maison Felten et Guillaume et Lahmeyer, comprend aussi un groupe volant régularisant la quantité de courant soutirée à la centrale.

L'essai dura 354 secondes, soit la durée de quatre courses et quatre pauses. Pendant ces quatre courses, on a extrait $4 \times 2\,200$ kg, de 270 m. La puissance théorique nécessaire a donc été de :

$$\frac{4 \times 2\,200 \text{ kg} \times 270 \text{ m}}{374 \times 75} = 29{,}5 \text{ PS ou } 66 \text{ kilowatts.}$$

La centrale a fourni pendant ce temps 124 kilowatts, y compris l'excitation. Le rendement de l'appareil d'extraction peut donc s'évaluer à :

$$\frac{66}{124} = 53\ 0/0.$$

Ce sont les seuls résultats publiés de l'essai. Si maintenant on fait intervenir le poste de nuit, si, de plus, on tient compte du rendement de la génératrice à la centrale, on arrive à une consommation de vapeur par cheval utile dans le puits sensiblement égale à celle de la machine de Heringen.

Voilà les résultats obtenus avec l'électricité ; voyons maintenant ce que donne la vapeur. S'il est vrai que les anciennes machines d'extraction à vapeur, à distribution par coulisse, encore très répandues dans nombre d'installations, consomment 30, 40 et même 50 kg de vapeur par cheval utile dans le puits et par heure, il est, d'autre part, incontestable que les nouvelles machines à distribution perfectionnées qui mettent à profit les avantages de la détente et dont l'agencement général réduit au minimum les espaces nuisibles, ne consomment guère plus de 20 kg de vapeur par cheval utile dans le puits et par heure. Cette consommation s'entend pour une période complète de 24 heures, dont poste de jour et poste de nuit compris.

Voici, à ce sujet, des chiffres que publie la « Dampfkessel Ueberwachungsverein » (association pour l'inspection des chaudières à vapeur) de Dortmund, qui a essayé une quantité de machines d'extraction. Pendant une durée d'essais de cinq heures, durant la période propre d'extraction, elle a constaté pour une machine d'extraction à vapeur et sous condensation, établie au siège d'Oberhausen, une consommation de vapeur de 20,22 kg par cheval utile dans le puits et par heure.

Sur une machine installée au siège Emsches et marchant avec condensation, elle a relevé, pendant une même période de trois heures, une consommation de 19,5 kg de vapeur par cheval utile dans le puits et par heure.

Elle conclut que la consommation de vapeur pour une période de 24 heures serait pour ces deux machines respectivement 22,61 et 21,8 kg par cheval utile dans le puits et par heure.

Mais on fait mieux maintenant et voici les résultats obtenus avec une machine d'extraction à vapeur établie au charbonnage Werne, en Westphalie. Ces résultats sont aussi publiés par la « Dampfkessel-Ueberwachungsverein ».

La machine a deux cylindres jumelés à haute pression, derrière chacun desquels est disposé un cylindre à basse pression. Elle actionne, comme dans les machines d'extraction électriques dont nous avons parlé, une poulie Koepe de 8 m de diamètre. Elle est dimensionnée pour pouvoir extraire une charge utile de 9 600 kg de 1 000 m de profondeur avec une vitesse maxima de 15 m par seconde.

Pour les essais, on a mesuré exactement l'eau d'alimentation aux chaudières et l'eau de condensation des conduites de vapeur fut recueillie et pesée. On compta tous les wagonnets extraits pendant l'essai. Pour fixer le poids d'un wagonnet, on prit la moyenne de tout un mois. On compta la durée de chaque course et de chaque pause. On releva continuellement des diagrammes sur les cylindres.

Les diagrammes relevés montrent que, dès le commencement de la course, on travaillait avec détente.

Deux essais furent faits, dont l'un dura trois heures et l'autre cinq heures. Voici les résultats :

	Essai I.	Essai II.
Durée de l'essai (heures)	3,08	5,00
Pression de la vapeur aux chaudières	12,6	12,9
Pression de la vapeur près de la machine	12,3	12,5
Température de la vapeur à la sortie des chaudières (degrés)	236	221
Température de la vapeur près de la machine (degrés)	200	199,3
Degré de surchauffe de la vapeur	8,25	7,20
Eau consommée aux chaudières (kg)	15 500	24 918
Eau condensée dans les conduites	60	45
Consommation totale de vapeur (kg)	15 446	25 873
Vide au condenseur (p. 0/0)	89,64	91,67
Hauteur barométrique (centimètres de mercure)	764,4	762
Durée de l'admission de la vapeur par course (secondes)	29	28
Nombre de tours de la machine pendant l'admission	17,9	18
Durée d'une course (secondes)	59,6	55
Durée d'une course et d'une pause	117,8	114,6
Vitesse moyenne (mètres par seconde)	12,4	13,43
Nombre de courses pendant l'essai	92	156
Charge utile élevée (kilogr.)	497 134	806 149
Profondeur (mètres)	738,5	738,5
Tonnes élevées à 1 m pendant 1 heure	122 377 573	119 068 355
Chevaux utiles fournis dans le puits pendant une heure	453,25	440,01
Consommation de vapeur par heure	5 013	5 175
Consommation par cheval utile dans le puits	11,04	11,73

Les pauses plus prolongées du poste de nuit augmentent ces consommations de 10 à 15 0/0 ; de sorte que, pour une période de 24 heures, la consommation par cheval se monte à 13,5 kg de vapeur. Et nous ferons remarquer que nous tablons sur le chiffre le plus élevé fourni par les essais. On doit ce résultat à la construction soignée de la machine, à la réduction des espaces nuisibles entre les cylindres et les soupapes, à l'emploi de vapeur à haute tension et surchauffée, à l'emploi d'une distribution appropriée et aux avantages que procure la détente, enfin à l'emploi de la condensation.

La machine a été construite par la Friedrich Wilhelmhütte, de Mülheim.

Voici réunis en tableau les résultats donnés par les diverses machines dont il a été question ci-dessus.

Système.	Consommation de vapeur par cheval utile heure en produits élevés pour une période de 24 heures.	Remarque.
Electrique Preussen .	16,8 kg	Poste de jour seulement.
Electrique Ilgner. . .	19,26	
Electrique Lahmeyer .	Sensiblement la même que Ilgner	Essai de courte durée.
Vapeur Oberhausen .	22,0	Sous condensation.
Vapeur Emscher . . .	21,3	
Vapeur Werne. . . .	13,5	

La Dampfkessel Ueberwachungsverein, de Dortmund, conclut, d'autre part : Une machine d'extraction système Ilgner consomme par cheval utile dans le puits et lorsqu'on a à sa disposition une centrale qui n'emploie que 8,5 kg de vapeur pour fournir le kilowatt-heure, cette machine consomme, disons-nous, en chiffres ronds, 12 kg de vapeur par cheval-effectif et par heure pendant la période la plus active de l'extraction et 14 kg si l'on considère une période de 24 heures (poste de jour et poste de nuit).

Naturellement, si l'électricité était fournie par une centrale possédant des unités de 10 000 chevaux, le kilowatt serait fourni à meilleur compte et abaisserait par conséquent la consommation de vapeur jusque vers 10 kg par cheval-heure. Mais existe-t-il beaucoup de charbonnages qui possèdent une unité de 5 000 chevaux seulement ?

Par contre, dans pas mal de centrales de puissance moyenne comme le sont souvent celles des charbonnages, le kilowatt demande 12 kg de vapeur et cela fait monter la consommation d'une machine d'extraction électrique à 20 kg par cheval utile dans le puits et par heure.

Quant aux nouvelles machines d'extraction à vapeur employant la vapeur à haute pression, la surchauffe, la détente et la condensation, elles consomment de 12 à 15 kg de vapeur par cheval utile et par heure.

Conclusions : On peut en tirer plusieurs. D'abord, quant à la consommation de vapeur, on construit actuellement des machines d'extraction à vapeur qui ne consomment pas plus de vapeur que les machines d'extraction à commande électrique. Quant à la simplicité, est-il besoin de dire qu'à ce point de vue tout est à l'avantage de la machine à

vapeur? Elle ne demande, en effet, qu'une conduite de vapeur venant des chaudières et cette vapeur met directement la machine en marche, tandis qu'avec une installation électrique Ilgner, la vapeur actionne à la centrale une machine qui fait tourner une génératrice de courant triphasé. Ce courant arrive dans le bâtiment de la machine d'extraction où il met en marche le moteur du groupe transformateur et entraine dans son mouvement le volant et la génératrice de courant continu. C'est ce courant continu qui actionne les moteurs calés sur l'arbre de l'appareil d'extraction. Mais que de transformations et par conséquent que de pertes avant d'arriver au moteur! Que d'appareils en mouvement pour faire marcher le moteur qui actionne les bobines ou le tambour d'extraction! Et naturellement, plus il y a d'organes en mouvement, plus il y a de chances d'arrêt et la simplicité de l'appareil d'extraction diminue dans les mêmes proportions.

Le groupe volant transformateur, entre autres, exige une construction tout à fait soignée, un graissage sous pression des paliers et souvent une circulation d'eau autour de ces paliers. Si l'eau de circulation venait à manquer quelque temps, ce serait la détérioration inévitable des paliers et l'arrêt de tout le système.

Est-il besoin de dire que le prix d'achat est proportionné au développement de ces appareils transformateurs; ce qui fait qu'une machine d'extraction électrique, y compris naturellement le groupe générateur de la centrale, coûte trois ou quatre fois autant qu'une machine d'extraction à vapeur.

Les machines d'extraction électriques peuvent cependant, dans certains cas spéciaux qui se sont déjà présentés en Westphalie, offrir des avantages et devenir vraiment économiques. Si, par exemple, un charbonnage a dans son voisinage (et c'est le cas pour le bassin de Liège) une centrale pourvue d'unités de plusieurs milliers de chevaux, à même par conséquent de livrer le kilowatt à bon marché, meilleur marché que ne pourrait le faire une petite centrale de charbonnage, ce charbonnage aura certainement avantage à s'équiper électriquement, car il n'aura plus à s'occuper de la production de sa force motrice. Il l'achète à assez bon marché puisque son fournisseur la produit en grand. Il peut donc supprimer toutes ses chaudières, tous ses chauffeurs. La complication de la machine d'extraction diminue, puisque la centrale dans le charbonnage même est supprimée.

Une installation d'extraction électrique sera encore économique dans un autre cas, comme à Heringen où le courant électrique est fourni par des turbines hydrauliques, car si l'eau, pour être utilisée, demande parfois des installations assez onéreuses, elle n'en est pas moins un agent moteur très bon marché. Mais combien sont rares les charbonnages qu'elle favorise!

Que l'électricité ait battu en brèche la vapeur sur beaucoup de terrains, qui songerait à le nier? Mais quand il s'agit de machines d'extraction, la vapeur n'a pas encore perdu tous ses droits. Mais l'électricité peut faire mieux, puisque, comme les essais l'ont montré, on ne recueille pas en force utile la moitié de la puissance développée à la centrale.

Canalisation à haute pression pour service d'incendie à New-York. — Les incendies désastreux qui se sont produits dans différentes villes des États-Unis, notamment à Baltimore, ont fait reconnaître aux autorités de New-York la nécessité d'établir un système de protection assez puissant pour assurer la sécurité de la partie commerciale de la ville contre le feu. Après une étude approfondie, il a été décidé qu'on établirait des stations de pompes pour desservir un réseau de conduites parcourant ce qu'on appelle le district des marchandises sèches, réseau indépendant du réseau actuel du Fire Department et qui devrait être capable de noyer presque instantanément tout incendie survenant à un point quelconque de ce district. On s'est mis immédiatement à l'œuvre et l'installation est actuellement terminée.

La partie desservie par ce réseau de conduites s'étend de la 52e rue au City Hall vers le sud et à l'est de l'Hudson à la Seconde avenue et à East Broadway. La canalisation comprend près de 100 km de tuyaux extra-forts de 0,305 à 0,610 m de diamètre alimentés par deux stations de pompes dont chacune, telles qu'elles sont actuellement installées, peut fournir 60 000 l par minute à une pression équivalant à 200 m de hauteur d'eau. On a, de plus, réservé dans chaque station de la place pour des pompes supplémentaires qui porteront le débit collectif à 200 000 l par minute. Les travaux ont été étudiés et exécutés par M. de Varona, Ingénieur en chef du Département de l'eau, du gaz et de l'électricité, qui y a introduit les résultats d'une expérience d'un quart de siècle. C'est à cet Ingénieur qui est due l'installation à Coney-Island du service d'eau à haute pression qui a récemment préservé cette localité d'une destruction complète par le feu.

On a généralement l'impression qu'il faut une masse d'eau énorme pour combattre les incendies ; c'est une erreur. Les chiffres fournis par le Fire Department pour les années 1900 à 1904 font voir qu'en 1901, année où la dépense d'eau a été la plus grande, le volume total consommé dans Manhattan pour les incendies n'a pas atteint tout à fait le total de 400 000 m³ dont 280 000 pris à la rivière. Il resterait donc seulement 120 000 m³ empruntés aux canalisations d'incendie pour cette année. Si on considère qu'actuellement la consommation journalière pour les usages domestiques s'élève à 1 200 000 m³, on voit que le volume total d'eau distrait des conduites pour le service d'incendie pendant un an n'est guère que le dixième de ce que l'aqueduc de Croton fournit par jour.

En présence de ces chiffres, il semble qu'il n'y ait aucun intérêt à établir un service spécial de la nature de celui qui vient d'être indiqué. Mais, comme l'indique M. de Varona, la difficulté ne réside pas dans le volume d'eau dont on doit pouvoir disposer, mais de la possibilité de pouvoir en disposer à l'endroit nécessaire. L'avantage de la disposition dont nous venons de donner le principe est qu'on sera sûr de pouvoir toujours réunir sur le lieu d'un incendie un volume d'eau suffisant. Nous avons vu que la capacité totale actuelle des deux stations de pompes est de 172 000 m³ par jour ; cette capacité représente les deux tiers de ce que les canalisations d'eau de source de Manhattan ont fourni au service d'incendie pendant toute l'année 1903. Ce volume dépasse le

débit collectif de toutes les pompes à incendie de Manhattan travaillant dans les conditions normales et représente sensiblement les deux tiers du débit de toutes les pompes des districts de Manhattan, Broux et Brooklyn. Cette comparaison est basée sur les rapports du Fire Department qui donne pour ces pompes un débit moyen de 1 000 l environ par minute.

Pour permettre d'apprécier l'énorme marge de sécurité donnée par le nouveau service relativement aux besoins possibles, il suffit de rappeler que l'incendie le plus considérable qu'on ait eu à combattre dans les dernières années est celui des numéros 188 à 194 de Mott Street qui dura 106 heures et pendant lequel on dépensa 6 300 m³ d'eau. Or les nouvelles stations de pompage, avec leur capacité actuelle de 172 000 m³ par jour, auraient, pendant la durée de l'incendie, débité plus de 750 000 m³ soit douze fois la quantité employée.

Les deux stations sont placées au bord l'une de l'Hudson au coin de Gansevoort et de West Street, l'autre de l'East River, à l'angle de Oliver et de South Street; elles sont placées en dehors des limites des districts où les incendies peuvent facilement se produire.

Chaque station peut prendre l'eau à la canalisation du Croton ou la prendre dans le port, elle est naturellement salée dans ce cas. L'eau de mer est prise au fleuve par deux tuyaux de 0.915 m de diamètre aboutissant à une chambre dans laquelle aspirent les pompes. Celles-ci sont au nombre de cinq dans chaque station; ce sont des pompes centrifuges étagées actionnées par des moteurs électriques; le courant est fourni à la tension de 6 660 volts par la Compagnie Edison de New-York. Les stations sont munies de transformateurs rotatifs et de batteries d'accumulateurs pour être à l'abri d'un accident aux canalisations électriques.

Les conduites de refoulement sont au nombre de deux; leur diamètre est de 0,61 m; elles entourent le district à protéger et des conduites de 0,406 et 0,305 se branchent sur les premières et suivent les rues. Des calculs faits avec soin établissent que le volume correspondant à la capacité totale des deux stations peut être délivré à un point quelconque du district desservi avec une pression de 177 m d'eau aux hydrantes. Si on étendait la canalisation jusqu'à la 42ᵉ rue, la pression de l'eau envoyée par la station d'Oliver Street serait encore de 156 m et à la 59ᵉ rue de 152 m. Si un incendie éclatait dans la 23ᵉ rue, un boyau de 90 m de 75 mm de diamètre desservant une lance de 32 mm débiterait 2 000 litres par minute et les projetterait à une hauteur verticale pouvant atteindre 61 m. Pour donner une idée de l'énorme puissance dont dispose l'installation dont nous parlons, M. de Verona indique que les hydrantes sont toujours à moins de 120 m d'un bâtiment quelconque du district et qu'il y a un nombre suffisant de ces hydrantes pour qu'en cas d'incendie dans un ilot de maisons, on puisse concentrer sur cet ilot le débit de 60 jets de 2000 l chacun, soit la capacité totale fournie par les deux stations, sans que la longueur nécessaire de boyaux dépasse 120 à 150 m, avec des boyaux de 75 mm et des lances de 32 de diamètre d'orifice.

Le système a été disposé de manière à pouvoir être utilisé également pour l'arrosage et le lavage des rues, mais on a dû prendre des précau-

tions pour que son efficacité au point de vue de la défense contre le feu qui est son objet principal ne puisse être compromis par ces emplois accessoires.

Ainsi les hydrantes qui servent au lavage des rues sont établies de manière à être fermées automatiquement dès que la pression dans les conduites dépasse un certain taux, qui est de 5 kg. Il y a là une question très importante et on doit y apporter la plus grande attention. Peut-être serait-il nécessaire de ne pas permettre au service de la voie publique de se servir des hydrantes du service d'incendie. Il serait prudent même d'installer dans les stations un matériel de pompes, une canalisation et des hydrantes uniquement destinées à l'arrosage et au lavage des rues. Nous résumons ce que procéde d'un article du *Scientific American.*

Transmission des dessins à distance. — Il y a quelques années, avant qu'on eût imaginé les procédés si remarquables de photographie à distance, qui ont fait récemment leur apparition, notre collègue, M. J. Courau avait eu l'idée d'une méthode pour la transmission de dessins par la télégraphie ou la téléphonie ordinaires, méthode à laquelle il avait donné le nom de *Téléchnographie.*

Bien que cette méthode n'ait plus grand intérêt aujourd'hui, en présence des nouveaux procédés; il nous parait intéressant d'en faire connaitre le principe très ingénieux.

On reporte le dessin à transmettre sur un papier quadrillé à divisions très serrées ou on trace le quadrillage sur le dessin. On remarque que les teintes plus ou moins foncées qui forment le dessin peuvent se ramener à cinq, allant du blanc au noir, et que, même pour certaines applications on peut se contenter de trois teintes : blanc, gris et noir.

Ceci posé, on numérote les carrés du quadrillage et on transmet télégraphiquement les numéros des carrés et la teinte de chaque carré. Il est facile à la réception de ces renseignements de reconstituer le dessin portant sur chaque carré la teinte indiquée.

Nous ne donnons ici que le principe de la méthode, passant sous silence les détails relatifs à la préparation du dessin et à la transmission du technogramme.

L'auteur estime que ce procédé permettrait une transmission rapide et économique des dessins à distance quelconque et il a élaboré un essai de règlement international pour la transmission télégraphique et téléphonique des dessins dans le but de faire voir combien la mise en application de cette méthode serait simple.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1908.

La Société des Arts de Londres, par M. Alby, Membre du Conseil.

La Société des Arts dont le titre exact est Société pour l'Encouragement des Arts, Manufactures et Commerce, est une des plus anciennes de l'Angleterre, car sa fondation remonte à 1744. Elle a été longtemps la seule à remplir la place occupée maintenant par les nombreuses Sociétés fondées pour le développement des branches spéciales des Sciences, de l'Industrie et des Arts et a obtenu des résultats considérables. On a calculé que dans le premier demi-siècle de son existence. elle avait distribué, de 1744 à 1785, plus de 700,000 francs de récompenses pour des inventions utiles.

Après s'être portée sur une foule d'objets, qu'énumère la note de M. Alby, l'activité de la Société des Arts se manifeste actuellement : 1° par des réunions avec communications et discussions ; 2° par des réunions de sections spéciales au nombre de trois : la section indienne. la section étrangère et coloniale et la section de l'art appliqué et 3° par des conférences sur les nouveautés scientifiques dites « Cantor, Lectures ». La Société des Arts publie, comme on sait, un journal hebdomadaire. Le nombre des membres est actuellement d'environ 3,670. La situation financière est très prospère ; les comptes de l'exercice 1906-07 indiquent des recettes de 300,000 francs en nombre rond et des dépenses peu différentes.

La note se termine par d'intéressants détails sur trois associations fondées récemment en France et qui sont : 1° l'Union des industries minières et métallurgiques ; 2° la Fédération des industriels et commerçants français et 3° l'Association française pour le développement des Travaux publics.

La constitution de ces trois associations, dit M. Alby, et leur vigoureux essor témoignent de la profondeur du besoin ressenti et du puissant courant qui porte les esprits vers les méthodes d'étude et les solutions scientifiques des problèmes commerciaux et industriels. Elle marque. ajoute-t-il, une étape vers une organisation meilleure de nos intérêts industriels et commerciaux, elle permet d'espérer de voir se créer, au grand profit de ces intérêts, une sorte de contrepoids à l'influence souvent aveugle de la puissance publique mise de plus en plus au service des masses par le suffrage universel.

Gaz occlus dans les aciers, par M. G. Belloc, Chef des Travaux Chimiques, près l'Université de Caen.

Ayant été amené à élucider les causes de la décarburation spontanée des aciers, l'auteur avait trouvé que les gaz occlus pouvaient bien être les agents nécessaires de cette décarburation, mais que cette dernière exigeait, pour être continuée, l'intervention d'une énergie auxiliaire, soit physique, soit chimique. La méthode à suivre pour la vérification de cette hypothèse consistait : 1° à déterminer la nature des gaz occlus; 2° à dresser les courbes de variation de leur composition en relation avec la température d'extraction et les points critiques du fer et des aciers; 3° à chercher comment ces courbes se modifient quand on s'adresse aux couches différentes d'un même acier ou aux couches semblablement situées d'aciers différents; 4° à étudier la variation des constantes physiques des aciers en cours d'extraction des gaz.

L'auteur décrit, avec beaucoup de développement, ses expériences et les résultats qu'elles ont donnés. Elles apportent, dit-il en résumé, un certain nombre de faits nouveaux et montrent que la méthode employée pourra utilement se prêter à l'étude des questions non encore abordées, que soulève l'étude des gaz dans les aciers.

Clôture des travaux de la Commission pour **l'étude comparative des peintures au blanc de zinc et à la céruse.**

Dans sa séance du 26 février 1908, la Société de Médecine publique et de Génie sanitaire a entendu le rapport de la Commission chargée de suivre les expériences comparatives de peintures au blanc de zinc et à la céruse exécutées à l'annexe de l'Institut Pasteur, d'août 1902-octobre 1907, et, après discussion de ce rapport, la Société a adopté l'ordre du jour suivant : « La Société, après avoir enregistré chaque année, depuis 1903, les résultats incertains des expériences au blanc de zinc et au blanc de céruse faites à l'annexe de l'Institut Pasteur, constate au terme des cinq années fixé pour leur durée, que les peintures à chacun de ces produits se sont comportées pareillement et qu'on ne saurait, en conséquence, en tirer une conclusion favorable à l'une ou l'autre d'entre eux.

Dans ces conditions, la Société estime qu'au point de vue technique, rien ne s'oppose à ce que le blanc de zinc soit substitué au blanc de céruse et qu'au point de vue hygiénique il est désirable que cette substitution soit faite.

L'impérialime économique en Grande-Bretagne, par M. Maurice Alfassa.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Voici les principaux sujets traités dans ces notes : — Appareils de chimie historiques. — Sur la préparation des corps simples à l'état celluloïdal. — Préparation de l'hydrogène pour l'aéronautique. — Les couvertures métallisées. — Porcelaine pour applications électriques. — Émaillage de la fonte. — Sur la préservation des fers et aciers. — L'industrie du zinc en 1907. — Préparation industrielle de la para-toloidium.

— Nouveaux alcaloïdes végétaux. — Saturnisme et phosphorisme. Sur l'atoxyle. — Sur la théorie de la teinture. — Documents sur les hydrosulfites, etc.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes une étude sur la vitesse d'inflammation des mélanges explosibles, d'après le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, des recherches sur les moteurs à alcool et une description des divers types de clapets de sûreté pour tuyauterie de vapeur.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

6e *fascicule de* 1907.

Refoulement des produits de dragage en conduites fermées. — Remblaiement des marais de Bordeaux. — Mémoire par MM. Vidal, Ingénieur en Chef et Kauffmann, Ingénieur des ponts et chaussées.

On a opéré dans la Garonne, à Bordeaux, d'importants dragages et. comme on était embarrassé pour en loger les produits, on décida de les employer à remblayer les vastes surfaces situées sur la rive gauche du fleuve et connues sous le nom de marais de Bordeaux et de Bruges.

Le mémoire dont nous nous occupons décrit succinctement les travaux de remblaiement de ces marais, l'appareil refouleur et donne le compte rendu des essais et des résultats obtenus relativement aux pertes de charge et à la marche des pompes fonctionnant avec de l'eau.

Nous nous bornerons à entrer dans quelques détails sur les appareils employés.

Le refouleur flottant a une coque de 48 m de longueur et 8 m de largeur et porte une machine compound à condensation par surface. commandant des pompes qui aspirent les déblais dans les chalands ou les dragues les ont déversés, déblais qui sont mélangés d'eau et brassés et les refoulent dans les conduites. A 79 tours par minute, la machine développe 612 ch indiqués ; les pompes sont du système centrifuge. Le refoulement se fait dans une conduite de 0.50 m de diamètre environ suspendue à des bigues et d'une flexibilité assurée par des joints métalliques garnis de cuirs emboutis; cette conduite aboutit à une canalisation aérienne posée sur des appuis espacés de 18 m. par laquelle les deblais se déversent sur les terrains à remblayer. Cette installation a coûté environ 670,000 francs.

A la vitesse moyenne de 77 tours par minute, le débit par seconde a été de 541 l. On trouve, pour 1905 et 1906, un prix de revient de 0.13 f par mètre cube manutentionné, pour un cube de 4000-5000 mm par jour. Dans les circonstances où le cube journalier a dépassé ces chiffres. le prix est descendu à 0,08 f.

Note sur **l'emploi de caissons en béton armé pour la fondation des murs de quai,** par M. Herzog, Ingénieur des ponts et chaussées.

Aux travaux du port de Dieppe, on avait, pour les fondations des quais de la pêche, prévu l'emploi de caissons en tôle et fers profilés. L'entrepreneur, notre collègue M. Zschokke, a songé à employer des caissons en béton armé faits en coulant le béton dans l'espèce de moule constitué par la charpente du caisson. L'économie réalisée pour un caisson de 13,60 m de longueur a été de 9 670 f, soit 710 f environ par mètre courant. L'emploi des caissons en béton armé a encore pour avantage une meilleure exécution des maçonneries et on peut ajouter une réduction de la gêne causée au public par le montage des caissons, gêne amenée par le bruit des marteaux sur les terre-pleins occupés et par l'occupation même de ces terre-pleins. Ces causes d'embarras sont évitées par le montage sur place des caissons en béton armé.

On trouve à la suite du mémoire une note très détaillée sur le calcul des caissons en béton armé.

La chute du pont de Québec, par M. Goupil, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Nous avons assez largement traité cette question dans ces chroniques pour qu'il soit inutile d'y revenir à propos de cette note.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1908.

District de Paris.

Réunion du 6 février 1908.

Communication de M. Wattegne, inspecteur général des mines de Belgique, à propos des publications faites sur **les expériences de Gelsenkirchen.**

Cette communication, sous forme d'une lettre adressée à un journal de Liége, l'*Organe Industriel*, a pour but d'indiquer que, s'il y a des faits nouveaux, un peu déconcertants peut-être, reconnus par les essais récents effectués en Allemagne et aussi en Belgique, il n'y a aucune contradiction avec les expériences belges antérieures qui restent entièrement debout et que celles plus récentes tendent tout simplement à compléter.

Les constatations nouvelles viennent confirmer ce qu'on savait depuis longtemps et ce que l'auteur n'a cessé de recommander dans ses publi-

cations et ses conférences, de ne considérer les explosifs, même les plus antigrisouteux, que comme des auxiliaires toujours dangereux auxquels on ne doit avoir recours qu'en cas de nécessité et seulement lorsqu'il n'y a, dans l'ambiance de la mine à tirer, aucune cause perceptible de danger.

Suite de la discussion sur **les dernières communications de M. le Dr Tissot.**

Communication de M. **Francis Laur sur les Bauxites dans le monde**,

On lit dans tous les ouvrages où il est question de la bauxite, que ce minéral a été découvert en 1821 par Berthier, qui lui a donné ce mot à cause du village de Baux (Bouches-du-Rhône), près duquel on a reconnu son premier gisement. Or, cette légende est entièrement controuvée, Berthier n'a ni découvert, ni nommé la bauxite. Il en a simplement fait l'analyse. La bauxite est une roche qui n'a pas de parrain, que tout le monde connaît sous ce nom, sans savoir qui le lui a donné.

M. Laur expose les circonstances dans lesquelles le bauxite fit son entrée dans l'industrie, il expose ses caractères et ses applications dont une intéressante est la fabrication de l'alumine par des corindons artificiels, etc., et une très importante est celle de l'aluminium.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1908

(Bulletins de janvier à juin.)

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE PREMIER SEMESTRE DE L'ANNÉE 1908

(Bulletins de janvier à juin)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

AVIATION ET NAVIGATION AÉRIENNE

BIBLIOGRAPHIE

CHAUFFAGE

CHEMINS DE FER

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

Voir *Table spéciale des Matières.*

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

DÉCÈS

De MM. Ch. Bartaumieux, Ed.-I. Bernheim, A.-M. Chancel, Ch.-A.-P. Combes, P. Escandes, A. Fritscher, P.-J.-C. Janssen, L.-E. Luchard, J. Rueff, P.-A. Jolibois, G.-J. Duchesne, P.-I.-L. Henry, S. Singer, Ch.-E. Poiret, H.-E.-E. Lassaux, E. Fortin Herrmann, H. Biver, A. Carcuac, E. Derennes, N. François, J.-B. Ottoni, Eugène Pereire, A. Robinet, Joseph Farcot, E.-A. Ameline, G.-P. Arachequesne, J.-G. Chaves, A. Guétin, P. Letalle, L. de Longraire, O. Maggiar, A.-J.-L. Moreau, J.-G. Bolle-Besson, H.-A. Bertin, de Lapparent, L.-F. Fronton, P.-M.-P. Malissard, P.-M.-L. Bouvard, E.-J. Delaroière, A. Magnère, L.-G. Mouchel, M.-W. Davies (séances des 10 et 24 janvier, 7 février, 6 et 20 mars, 1er et 15 mai, 5 et 19 juin) . . . . . 30, 35, 172, 300, 308, 696, 707, 903 et 915

DÉCORATIONS FRANÇAISES

Officiers de la Légion d'honneur : MM. E. Cacheux, J. Dollfus, G. Fouret, L. Gasne, J.-A.-W. Japy, R. Benoît, M. Clair, E. Mimard.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. J. Pépard, R. Michau, J.-P. Vignes, L. Berge, L. Borne, A. Collet, L. Gaumont, G. Gin, L. Godard-Desmarest, G. Hallam de Nittis, R. Jabœuf, G. Lefebvre-Albaret, J. Lopes-Diaz, K. Sosnowski, A.-A. Thomas, G. Vinant, H. Pichot.

Officiers de l'Instruction publique : MM. P. Baudouin, F. Brunsvick, J.-P.-L. Faure-Beaulieu, X. Gosselin, L. de Solms, J. Carrot, H. Charpentier, G. Fouret, H. Hubac, A. Isnard, Ph. Morand, A. Brice, E. Favier, G.-A. Leroux, L. Letombe, G.-L. Merceron, A. Neveu, J.-H.-Ch. Wittmann, A. Chélu-Bey.

Officiers d'Académie : MM. G. Fiévé, L.-J. Leroux, L.-J. Tunis, J. Alfassa, R.-R. Bauret, A.-L. Boussemaer, A. Cathelin, L. Cazeau, P.-G. Debesson, D. Dewavrin, A. Duchez, H. Favrez, L.-G. Goguel, H.-Ch. Magunna, A. Masson, M. Merle, G. Pradel, A. Raquez, J. Saconney, A.-D. Thomas, A. Vivinis, G. Baustert, E. Guiard, R. Bigot, A. de Romeu.

Officiers du Mérite agricole : MM. H. Besnard, M. de Nansouty, G. Grangé.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. P. Besson, L.-H. Sauvinet, P. Chalon, R. Ellissen, J.-B. Vidal.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Grand-Officier de l'Osmanié : M. A. Scala.

Commandeurs de la Couronne d'Italie : M. H. Doat.

Officier des Saints Maurice et Lazare : M. G. Crugnola.

Grand-Officier du Nicham Iftikar : M. A. Chelu-Bey.

Chevalier de l'Ordre du Cambodge : M. Rondet-Saint (séances des 10 et 24 janvier, 7 et 21 février, 20 mars, 1er et 15 mai). . 31, 35, 172, 183, 309, 697 et 707

DIVERS

DONS ET LEGS

EXPOSITIONS

LÉGISLATION

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MINES

MOTEURS

NAVIGATION

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PHYSIQUE

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TRANSPORTS

TRAVAUX PUBLICS

———

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1908.

(Bulletins de janvier à juin.)

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10928-6-08. (Encre Lorilleux).

afic Danois.

00 Voyageurs	14.500	Tonnes	
00	46.800		
00	230.000		
	5.500		
	91.400		

iderzée.

nnée)	7.000	wagons
d°)	10.000	
d°)	15.000	

IS-DOUVRES"

Voyageurs 97.000 tonnes

6e Série. — 61e Année. — N° 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

BULLETIN

DE

Juin 1908.

PARIS
HOTEL DE LA SOCIÉTÉ
19, RUE BLANCHE, 19
TÉLÉPHONE 133-82

1908




BULLETIN

DE

Juin 1908.

TABLE DES MATIÈRES

Société Nouvelle des Etablissements

DECAUVILLE AINÉ

PARIS — 13, boulevard Malesherbes

Usines à Petit-Bourg, près Corbeil (S.-et-O.)

VOIES LÉGÈRES fixes ou portatives

WAGONNETS pour toutes les Industries

MATÉRIEL ROULANT pour Chemins de Fer et Tramways à tous écartements, depuis 0m,60 jusqu'à la voie normale

LOCOMOTIVES de 3 à 30 tonnes

VOITURES à Voyageurs — TRAMWAYS

Fourgons et Wagons à marchandises

VOITURES AUTOMOBILES

à 2 et à 4 cylindres, de 10 à 60 chevaux

VOITURES AUTOMOTRICES

à moteur à essence pour tramways à voie étroite

"PORTEUR LACHAT" BREVETÉ S. G. D. G. (WAGONNET SANS RAILS)

à roues coulissantes avec rappel automatique

Catalogues et Devis franco sur demande



Mon GUILBERT-MARTIN

RENÉ MARTIN & Cie

Successeurs

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

2 GRANDS PRIX

TUBES PHOTOPHORES

EN VERRE DUR RECUIT

Brevetés S. G. D. G.

Résistant aux plus hautes pressions et indiquant d'une manière très visible le niveau de l'eau au moyen d'une BANDE ROUGE sur réflecteur blanc.

Depuis l'emploi du « Photophore » les explosions sont bien moins fréquentes.

TUBES EN VERRE

EXTRA-DUR

POUR CHAUDIÈRES A VAPEUR

TUBES EN TOUS GENRES

pour chimie, physique, etc.

ÉMAUX de toutes couleurs pulvérisés et broyés pour or, argent, cuivre, fer et FONTE.

USINE A VAPEUR : rue Génin, 20, à Saint-Denis (Seine).

BREVETS D'INVENTION

MARQUES FABRIQU

LAVOIX & MOSÈS 7, r. de Chateaudun PARIS

...nieurs-Conseils (A. & M. et E.C.P.) TÉLÉPHONE 222.22

La Compagnie ne possède pas de haut fourneau

Gaz
Kilos
ETC.
La Compagnie ne possède pas de ...
18e)
RS
te

LA BRIQUE SILICO-CALCAIRE

PROCÉDÉS BREVETÉS

Résistance à l'écrasement très élevée, pouvant être augmentée à volonté selon besoins.

RÉSISTANCE A TRÈS HAUTE TEMPÉRATURE

BEL ASPECT, RÉGULARITÉ DE FORME, INGÉLIVITÉ

Appropriée à tous les travaux de construction aériens et hydrauliques.

Dureté s'accroissant avec le temps et sous l'influence de l'humidité.

ABSORPTION RESTREINTE, RESSÉCHAGE RAPIDE

La fabrication de la **BRIQUE SILICO-CALCAIRE** *est le meilleur placement industriel, rendement certain et rémunérateur. Les usines peuvent être installées partout pourvu qu'il y ait du sable à portée. Industrie nouvelle et du plus grand avenir en France où le sable et la chaux abondent.*

Installation complète d'usines pour production de toute comportance à partir de 20 000 briques par jour. Fourniture de la machinerie, mise en marche et rendements garantis. Briques apparentes et de remplissage. Les briques sont prêtes à l'usage dès le lendemain de la fabrication. Prospectus, devis et plans sur demande. Fabrication gratuite de briques d'essai sable fourni. Prix de revient très réduit.

SOCIÉTÉ POUR LA

Fabrication Mécanique de la Pierre Artificielle

35, rue de Saint-Pétersbourg, PARIS

Machines brevetées pour la FABRICATION SUR PLACE de

TUILES ET BRIQUES EN TOUTES COULEURS

à base de ciment et de sable.

Facilement transportables,
les machines produisent à partir de 2 000 briques par jour chacune.

Main-d'œuvre et prix de revient EXTRAORDINAIREMENT RÉDUITS

Société pour la Fabrication Mécanique de la Pierre Artificielle

35, rue de Saint-Pétersbourg, PARIS



BALAIS ÉLECTRIQUES

Spécialité de Balais feuilletés en " PAPIER MÉTALLIQUE "

Métal spécial laminé à deux ou trois centièmes de millimètre d'épaisseur

BREVET D'INVENTION

BALAIS EN CHARBON — BALAIS EN TOILE MÉTALLIQUE

Porte-Balais " SUPRA "

(Brevetés en tous pays)

CONTRE-ÉCROU MINNE à coincement absolu

(Brevetés en tous pays)

L. BOUDREAUX, 8, rue Hautefeuille, PARIS-VIe

Adresse télégraphique : LYBOUDREAUX-PARIS — Téléphone : 816.71

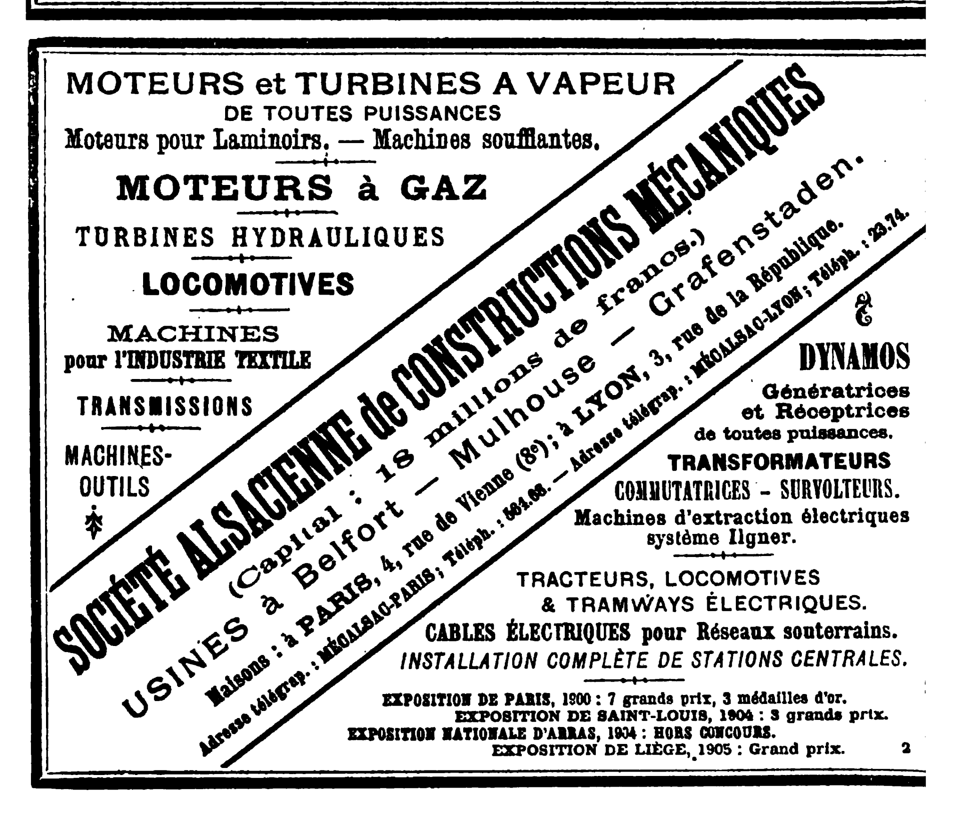
FONDERIES DE BAYARD

à BAYARD, par Laneuville-à-Bayard (Haute-Marne)

ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ : **A. CHATEL**, *ancien élève de l'École Polytechnique.*

TUYAUX EN FONTE EN TOUS GENRES — GROSSES FONTES DE BATIMENT ET DE CONSTRUCTION

REPRÉSENTANT A PARIS : **M. J. DESFORGES**, *Ingénieur*, **44, rue d'Amsterdam.**



MOTEURS et TURBINES A VAPEUR
DE TOUTES PUISSANCES
Moteurs pour Laminoirs. — Machines soufflantes.
MOTEURS à GAZ
TURBINES HYDRAULIQUES
LOCOMOTIVES
MACHINES
pour l'INDUSTRIE TEXTILE
TRANSMISSIONS
MACHINES-OUTILS
SOCIÉTÉ ALSACIENNE de CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES
(Capital : 18 millions de francs.)
USINES à Belfort — Mulhouse — Grafenstaden.
Maisons : à PARIS, 4, rue de Vienne (8e) ; à LYON, 3, rue de la République.
Adresse télégrap. : MÉCALSAC-PARIS ; Téléph. : 561.68. — Adresse télégrap. : MÉCALSAC-LYON ; Téléph. : 23.74.
DYNAMOS
Génératrices
et Réceptrices
de toutes puissances.
TRANSFORMATEURS
COMMUTATRICES - SURVOLTEURS.
Machines d'extraction électriques
système Ilgner.
TRACTEURS, LOCOMOTIVES
& TRAMWAYS ÉLECTRIQUES.
CABLES ÉLECTRIQUES pour Réseaux souterrains.
INSTALLATION COMPLÈTE DE STATIONS CENTRALES.
EXPOSITION DE PARIS, 1900 : 7 grands prix, 3 médailles d'or.
EXPOSITION DE SAINT-LOUIS, 1904 : 3 grands prix.
EXPOSITION NATIONALE D'ARRAS, 1904 : HORS CONCOURS.
EXPOSITION DE LIÈGE, 1905 : Grand prix.
2

AUX FORGES DE VULCAIN

MAGASINS
3, rue Saint-Denis, 3
PARIS
La Maison n'a pas de Succursale.

ÉMILE CHOUANARD
Ingénieur des Arts et Manufactures
Ancien Élève des Écoles d'Arts et Métiers

TÉLÉPHONE { Paris { 144.43 / 144.62 ; Usines : 411.83

ATELIERS
203, avenue de Paris, 203
PLAINE-St-DENIS (Seine)
Adresse télégraphique :
FORVULCAIN—PARIS

Outillage. Transmissions.

MACHINES-OUTILS — APPAREILS DE LEVAGE



Plus de 500 machines-outils, 500.000 kilos d'organes de transmission et 1.000 appareils de levage toujours disponibles.

SUR DEMANDE, ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

BITUMASTIC-SOLUTION (WAILES DOVE & Cº Lᵀᴰ)

Usines d'électricité. — **Tramways.** — **Réservoirs d'eau.** — **Usines à gaz.** — **Mines.** — **Malteries, Distilleries.** — **Ateliers métallurgiques.** — **Automobiles.** — **Glacières.** — **Installations frigorifiques.** — **Ponts et Charpentes.** — **Travaux publics.** — **Chemins de fer.**



Dynamos, Élévateurs, Chaudières, Traverses, Trolleys, Tuyautages, Roues, Passerelles, Poteaux, Locomotives, Jantes, Urinoirs, Poutres, Toitures, Grues, Cheminées, Matériel électrique, Cuviers, Toitures, Cordages métalliques, Tuyaux de condensation, Cylindres, Toitures en bois, Bouées, Pontons, Moules à glace, Bateaux, Égouts, Élévateurs, etc., etc., etc.

Le *BITUMASTIC-SOLUTION* est le protecteur le plus efficace contre l'*humidité* et la *rouille*, il résiste au froid, à la chaleur et à toutes les *émanations chimiques* sans se casser.

Galeries filtrantes.





Canalisations.

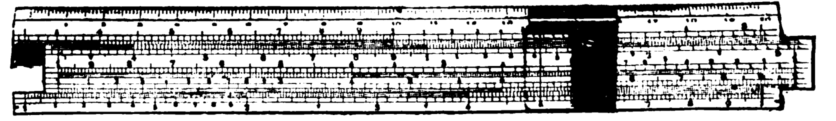
AGENT GÉNÉRAL POUR LA FRANCE

M. Albert CABARET, 48, rue Chaptal, LEVALLOIS (Seine). — Téléphone : 591.15

Adresse télégraphique : Albaca Levallois-Perret.

Médaille de bronze 1844 — Médailles d'argent 1855-1867 — Médailles d'or 1878-1889-1900
Diplômes d'honneur 1890-1891 — Médailles d'or Bruxelles 1897, Liége 1905, Milan 1906.

RÈGLES A CALCUL, SERVANT A COMPTER INSTANTANÉMENT



INSTRUMENTS DE MATHÉMATIQUES. SPÉCIALITÉ DES APPAREILS DU COLONEL GOULIER

TAVERNIER-GRAVET, 19, RUE MAYET, PARIS

Paul G. MICHON, Sʳ

Toute commande, pour la France, accompagnée de ce bon, sera expédiée franco de port.


SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS ADT
CAPITAL SOCIAL : 2.250.000 FRANCS
TUBES ISOLATEURS
Armés de laiton, de tôle d'acier plombée ou galvanisée (zinc et cuivre) et cuirassés d'acier étiré sans soudure.
PLUS D'INCENDIES par courts-circuits
PLUS DE PERTES à la terre en employant les
TUBES "ADT"
Les seuls en véritable "ISOLITE"
Matériel complet pour installations et constructions électriques
ÉCLAIRAGE DE SECOURS
du Metropolitain, Chemins de fer, Ville de Paris, Administrations, Usines, Banques, Hôtels, etc., etc.
DÉPOT A PARIS : 3, rue Cunin-Gridaine (IIIe).
TÉLÉPHONE : 152-40
USINES A PONT-A-MOUSSON et à BLÉNOD (Meurthe-et-Moselle).
SIÈGE SOCIAL A PARIS : 45, rue Turbigo.
Catalogues, Guides, Échantillons sur demande.
Se méfier des imitations.

TABLE DES ANNONCES

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10932-6-08. — (Encre Lorilleux).

Ce compte rendu paraît tous les mois.

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Aucune reproduction des Mémoires publiés dans les *Bulletins* ne pourra avoir lieu sans l'autorisation du Comité et l'assentiment des auteurs.

La Société s'est réservé un certain nombre d'exemplaires de comptes rendus pour les échanger contre les divers recueils périodiques, scientifiques, techniques et industriels, qui paraissent en France et à l'étranger.

Les demandes d'échange doivent être adressées *(franco)* au Président de la Société, rue Blanche, 19, à Paris.

MM. les Membres de la Société sont priés de faire parvenir régulièrement au Secrétariat de la Société les changements survenus dans leurs fonctions et leurs résidences.

La cotisation annuelle de 36 francs peut, au choix de chaque Membre, être remplacée par une SOMME DE SIX CENTS FRANCS UNE FOIS PAYÉE.

TARIF NET
DES TIRAGES A PART

	NOMBRE D'EXEMPLAIRES											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
IMPRESSIONS	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Pour une feuille in-8° (16 pages) remise en pages.	13 40	21 55	29 65	36 75	41 75	46 75	51 70	56 70	61 45	65 65	93 20	120 75
Pour 1/2 feuille in-8° (8 pages) remise en pages.	7 25	11 80	16 45	19 45	21 40	24 95	28 35	31 75	35 20	38 60	56 95	75 10
Pour 1/4 feuille in-8° (4 pages) remise en pages.	4 70	7 25	9 75	13 40	15 45	16 80	18 40	19 95	21 55	22 45	33 60	43 05
Couverture (composition à la 1re page seulement).	8 40	12 10	15 75	21 »	23 65	26 50	29 40	32 30	35 20	37 80	52 50	67 20
PLANCHES												
Tirage et papier.	8 »	15 »	22 »	29 »	36 »	43 »	50 »	57 »	64 »	71 »	106 »	150 »

Quand il y aura des planches, il sera ajouté 1 fr. 05 *pour le pliage de* 100 *planches.*

Quand il y aura, dans le texte, des gravures, phototypies ou similigravures, il sera ajouté 1 fr. 05 *par quart de page de gravure pour mise en train spéciale.*

Ces prix sont susceptibles d'une légère augmentation, suivant la couverture et la dimension des planches.

Pour les tirages à part, s'adresser à M. le Secrétaire Administratif, rue Blanche, 19, Paris.

